

## Advies van het Bestuur

aan de Staatssecretaris van de Noordzee

betreffende:

de machtigings- en vergunningsaanvraag van de THV Mermaid voor de bouw en exploitatie van een offshore energiepark (wind- en golfenergie) gelegen ten noordwesten van de Bligh Bank.

### Bijlage B: Milieueffectenbeoordeling

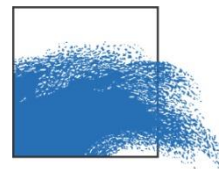
MUMM  
100 Gulledelle  
B-1200 Brussels  
Belgium



KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT VOOR NATUURWETENSCHAPPEN

OPERATIONELE DIRECTIE NATUURLIJK MILIEU

BEHEERSEENHEID MATHEMATISCH MODEL VAN DE NOORDZEE



## **Milieueffectenbeoordeling van het MERMAID offshore energiepark ten noordwesten van de Bligh Bank**

Januari 2015



BMM

100 Gulledelle

B-1200 Brussel

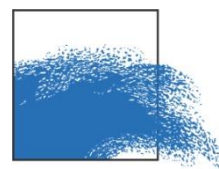
België



KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT VOOR NATUURWETENSCHAPPEN

OPERATIONELE DIRECTIE NATUURLIJK MILIEU

BEHEERSEENHEID MATHEMATISCH MODEL VAN DE NOORDZEE



## **Milieueffectenbeoordeling van het MERMAID offshore energiepark ten noordwesten van de Bligh Bank**

**Onderzoek van de aanvraag van de thv Mermaid voor een vergunning en machtiging voor de aanleg en de exploitatie van een energiepark in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België**

**Deze MEB werd opgesteld door:**

**Bob Rumes, Marisa Di Marcantonio, Robin Brabant, Ilse De Mesel, Valerie Dulière, Jan Haelters, Francis Kerckhof, Alain Norro, Dries Van den Eynde, Laurence Vigin en Brigitte Lauwaert.**

Januari 2015



BMM

100 Gulledelle

B-1200 Brussel

België



# Inhoudstafel

1. INLEIDING .....	1
1.1 Aanvraag en procedureverloop .....	1
1.2 Technische beschrijving van het MERMAID project .....	4
1.2.1 Configuratie windpark .....	4
1.2.2 Configuratie kabels windpark .....	7
1.2.3 WEC's .....	13
1.2.4 Kabels WEC's .....	24
2. STATUUT EN STRUCTUUR VAN DE AANVRAGER .....	25
2.1 Naam en vennootschapsvorm .....	25
2.2 Maatschappelijke Zetel .....	25
3. METHODOLOGIE .....	27
4. JURIDISCHE ACHTERGROND .....	29
4.1 Wetgeving Natuur en Marien Milieu .....	29
4.1.1 Wet ter bescherming van het mariene milieu (MMM wet) .....	29
4.1.2 Kaderrichtlijn mariene strategie (Marine Strategy Framework Directive, MSFD) .....	30
4.1.3 Habitat –en Vogelrichtlijngebieden in België, Nederland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk .....	31
4.1.4 Marien Ruimtelijk Plan .....	33
4.2 Wetgeving Energie en elektriciteit .....	34
4.2.1 Windenergiezone .....	34
4.2.2 Milieuvergunningen windparken en Belgian Offshore Grid .....	34
4.2.4 Domeinconcessies windparken .....	35
4.2.5 Veiligheidszone .....	35
4.2.6 Project Stevin .....	35
4.3 Erfgoed .....	35
4.5 Besluit .....	36
5. KLIMAAT EN ATMOSFEER .....	37
5.1 Inleiding .....	37
5.2 Te verwachten effecten van het windpark .....	38
5.4.1 Cumulatieve effecten .....	40
5.4.2 Grensoverschrijdende effecten .....	41
5.5 Besluit .....	41

5.5.1 Aanvaardbaarheid .....	41
5.5.2 Voorwaarden en aanbevelingen .....	41
5.6 Monitoring windpark .....	41
5.7 Evaluatie WEC pilootproject .....	41
6. HYDRODYNAMICA EN SEDIMENTOLOGIE .....	43
6.1 Inleiding.....	44
6.1.1 Beschrijving van de actuele situatie .....	45
6.1.2 Klimaatsveranderingen .....	45
6.2 Te verwachten effecten van het windpark .....	45
6.2.1 Inleiding.....	45
6.2.2 Funderingen.....	46
6.2.3 Erosiebescherming en erosieputten .....	47
6.2.4 Verhoging van de turbiditeit .....	47
6.2.5 Effecten op hydraulica .....	50
6.2.6 Vrijkomen van de kabels .....	50
6.3 Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject .....	51
6.3.1 Inleiding.....	51
6.3.2 Funderingen.....	51
6.3.3 Erosiebescherming en erosieputten .....	51
6.3.4 Verhoging van de turbiditeit .....	51
6.3.5 Vrijkomen van de kabels .....	52
6.4 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten .....	52
6.5 Besluit .....	53
6.5.1 Aanvaardbaarheid .....	53
6.5.2 Voorwaarden en aanbevelingen .....	53
6.6 Monitoring .....	54
6.6.1. Turbiditeit.....	55
6.6.2. Verplaatsing van het gestorte zand en klei.....	57
6.6.3. Erosie rond de palen of gravitaire funderingen.....	57
6.6.4. Erosie langs het tracé van de exportkabels .....	58
6.6.5. Rapportering.....	58
6.6.6. Samenvatting .....	59
6.7 Evaluatie WEC pilootproject .....	61
7. GELUID EN SEISMISCH ONDERZOEK .....	63
7.1 Inleiding.....	63



7.1.1 Onderwatergeluid .....	63
7.1.2 Geluid boven water.....	64
7.1.3 Seismisch onderzoek.....	64
7.2 Te verwachten effecten windpark.....	65
7.2.1 Onderwatergeluid .....	65
7.2.2 Geluid boven water.....	68
7.2.3 Seismisch onderzoek.....	68
7.3. Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject .....	68
7.3.1. Onderwatergeluid .....	68
7.3.2. Geluid boven water.....	69
7.4. Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten .....	69
7.5. Besluit .....	69
7.5.1 Aanvaardbaarheid .....	69
7.5.2 Voorwaarden en aanbevelingen .....	70
7.6. Monitoring windpark .....	72
7.6.1 Onderwatergeluid .....	72
7.6.2 Geluid boven water.....	73
7.6.3 Seismisch onderzoek.....	73
7.7 Evaluatie WEC pilootproject .....	73
8. RISICO EN VEILIGHEID .....	75
8.1 Inleiding.....	76
8.1.1 Scheepvaartroutes .....	76
8.2 Te verwachten effecten windpark.....	79
8.2.1 Industriële risico's .....	79
8.2.2 Invloed van het park op radar en scheepscommunicatie .....	80
8.2.3 Effecten van de voorgenomen activiteiten op de scheepvaart.....	82
8.2.4 Risico's te wijten aan de veranderingen in de scheepvaart.....	82
8.2.5 Risico's gebonden aan de elektriciteitskabels.....	88
8.3. Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject .....	89
8.3.1 Industriële risico's WEC's .....	89
8.3.2 Invloed van WEC's op radar en scheepscommunicatie.....	89
8.3.3 Risico's gebonden aan de scheepvaart .....	90
8.3.4 -Risico's gebonden aan de WEC elektriciteitskabels .....	90
8.4 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten .....	91
8.5 Besluit .....	91

8.5.1 Aanvaardbaarheid .....	91
8.5.2 Compensaties in milieuvoordelen .....	92
8.5.3 Mitigerende maatregelen .....	92
8.5.4 Voorwaarden en aanbevelingen .....	93
8.6 Monitoring .....	97
8.7 Evaluatie WEC pilootproject .....	97
9. SCHADELIJKE STOFFEN .....	99
9.1 Inleiding .....	99
9.2 Te verwachten effecten van het windpark .....	99
9.2.1 Olie, vet en bitumen .....	99
9.2.2 Corrosiebescherming en aangroeiwerende producten .....	100
9.2.3 SF6 .....	100
9.2.4 Beschermingsmatrassen en breuksteen .....	101
9.2.5 Gebruik monolieten .....	101
9.2.6 Radioactieve bestanddelen .....	101
9.3 Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject .....	101
9.4 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten .....	101
9.5 Besluit .....	102
9.5.1 Aanvaardbaarheid .....	102
9.5.2 Voorwaarden en aanbevelingen .....	102
9.6 Monitoring .....	103
9.7 Evaluatie WEC pilootproject .....	103
10. BENTHOS EN VISGEMEENSCHAPPEN .....	105
10.1 Inleiding .....	106
10.1.1 Referentiesituatie benthische gemeenschappen .....	106
10.1.2. Referentiesituatie visgemeenschappen .....	107
10.2 Te verwachten effecten van het windpark .....	107
10.2.1 Inleiding .....	107
10.2.2 Constructiefase .....	107
10.2.3 Exploitatiefase .....	109
10.2.4. Ontmantelingsfase .....	111
10.3 Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject .....	112
10.4. Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten .....	112
10.5 Besluit .....	113
10.5.1 Aanvaardbaarheid .....	113

10.5.2 Voorwaarden en aanbevelingen.....	113
10.6 Monitoring windpark .....	114
10.6.1 Basismonitoring: Kolonisatie en successie artificieel hard substraat .....	115
10.6.2 Basismonitoring: Ontwikkeling natuurlijke zacht substraat fauna (endobenthos, epibenthos en demersale en benthische vissen) in windenergiezone. ....	116
10.6.3 Gerichte monitoring: Ammodytidae - populaties en paaigedrag in de geulen van de Belgische windenergiezone .....	117
10.7 Evaluatie WEC pilootproject .....	117
10.7.1. Begroeiing op hard substraat.....	118
10.7.2. Ontwikkeling levensgemeenschappen in het zacht substraat .....	118
10.7.3. Impact op pelagische vis .....	118
11. ZEEZOOGDIEREN.....	119
11.1 Inleiding.....	120
11.2 Te verwachten effecten van het windpark.....	120
11.3 Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject .....	126
11.4 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten.....	126
11.5 Besluit .....	128
11.6 Monitoring windpark .....	132
11.6.1 Inleiding.....	132
11.6.2 Basismonitoring: verspreiding zeezoogdieren.....	133
11.6.3 Effect van heigeluid .....	133
11.6.4 Gebruik van operationele windparken door zeezoogdieren .....	134
11.7 Evaluatie WEC pilootproject .....	135
12. (ZEE)VOGELS EN VLEERMUIZEN .....	137
12.1 Inleiding.....	137
12.1.1. Avifauna in het BDNZ.....	137
12.1.2. Projectgebied.....	138
12.2 Te verwachten effecten van het windpark.....	139
12.2.1 Constructiefase .....	139
12.2.2 Exploitatiefase.....	140
12.2.3 Ontmantelingsfase .....	144
12.3 Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject .....	144
12.4. Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten .....	145
12.4.1. Cumulatieve effecten .....	145
12.4.2. Grensoverschrijdende effecten .....	146

12.5. Besluit .....	147
12.5.1. Aanvaardbaarheid .....	147
12.5.2. Voorwaarden en aanbevelingen.....	148
12.6. Monitoring en middelen .....	148
12.7 Evaluatie WEC pilootproject .....	150
13. ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN EN WARMTE DISSIPATIE .....	151
13.1 Inleiding.....	151
13.1.1 Elektromagnetische velden.....	151
13.1.2 Referentiesituatie .....	152
13.1.3 Geplande bekabeling voor het Mermaid project .....	152
13.2 Te verwachten effecten van het windpark.....	152
13.2.1 Opwarming van de directe omgeving van de kabel(s).....	152
13.2.2 Elektromagnetische velden.....	153
13.3 Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject .....	155
13.4. Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten .....	155
13.5 Besluit .....	155
13.5.1 Aanvaardbaarheid.....	155
13.5.2 Voorwaarden en Aanbevelingen .....	156
13.6 Monitoring .....	156
13.7 Evaluatie WEC pilootproject .....	156
14. INTERACTIE MET ANDERE MENSELIJKE ACTIVITEITEN .....	159
14.1 Inleiding.....	159
14.2 Te verwachten effecten windpark en WEC pilootproject .....	162
14.2.1 Visserij.....	162
14.2.2 Mariene aquacultuur .....	163
14.2.3 Scheep- en Luchtvaart .....	163
14.2.4 Zand- en Grindontginning.....	163
14.2.5 Baggeren en storten van baggerspecie .....	164
14.2.6 Windenergie.....	164
14.2.7 Militair gebruik.....	165
14.2.8 Gaspijpleidingen, Telecommunicatie- en Elektriciteitskabels.....	165
14.2.9 Toerisme en Recreatie .....	166
14.2.10 Wetenschappelijk Onderzoek.....	166
14.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten .....	167
14.4 Besluit .....	167

14.4.1 Aanvaardbaarheid .....	167
14.4.2 Voorwaarden en aanbevelingen.....	167
14.5 Monitoring .....	168
14.6 Evaluatie WEC pilootproject .....	168
15. ZEEZICHT .....	169
15.1 Inleiding.....	169
15.1.1 Definitie zeezicht en autonome ontwikkeling.....	169
15.1.2 Socio-landschappelijk onderzoek.....	170
15.2 Te verwachten effecten van het windpark.....	171
15.2.1 Constructiefase .....	171
15.2.2 Exploitatiefase.....	171
15.2.3 Ontmantelingsfase .....	173
15.3. Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject .....	174
15.4 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten .....	174
15.5 Besluit .....	175
15.5.1 Aanvaardbaarheid .....	175
15.5.2 Voorwaarden en Aanbevelingen .....	175
15.6 Monitoring .....	175
15.7 Evaluatie WEC pilootproject .....	176
16. CULTUREEL ERFGOED .....	177
16.1 Inleiding.....	177
16.2 Te verwachten effecten.....	177
16.2.1 Invloed op de scheepswrakken .....	177
16.3 Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject .....	178
16.4 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten .....	179
16.5 Besluit .....	179
16.5.1 Aanvaardbaarheid .....	179
16.5.2 Voorwaarden en aanbevelingen.....	179
16.6 Monitoring windpark .....	180
16.7 Evaluatie WEC pilootproject .....	180
17. MONITORING EN COÖRDINATIE .....	181
17.1 Algemene visie .....	181
17.2 Voorgesteld programma .....	183
17.3 Voorgestelde planning .....	184
17.4 Locatie van de monitoringswerkzaamheden .....	186

17.5 Schatting van het budget.....	186
18. BESLUIT .....	189
18.1 Aanvaardbaarheid windpark en kabels.....	189
18.2 Aanbevelingen.....	189
18.3 Monitoring windpark .....	190
18.4 Aanvaardbaarheid en evaluatie WEC pilootproject.....	190
19. REFERENTIES .....	191

## Lijst van afkortingen

AC	Wisselstroom
BDNZ	Belgisch Deel van de Noordzee
BMM	Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen. Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee en Schelde-estuarium
bv.	bijvoorbeeld
dB	decibel
DC	Gelijkstroom
d.m.v.	door middel van
EMV	Elektromagnetische velden
EU	Europese Unie
FOD	Federale Overheidsdienst
GBF	Gravity Based Foundation
GOSA	Gevezelde Open Steen Asfalt
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattuur
HNS	Hazardous Noxious Substances
HVDC	High Voltage Direct Current
Hz	Hertz
INBO	Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
K	Kelvin
KB	Koninklijk Besluit
kHz	Kilohertz
km	Kilometer
kV	Kilovolt
LCA	Life Cycle Analysis
m	Meter
m <sup>3</sup>	Kubieke meter
MEB	Milieueffectenbeoordeling
MER	Milieueffectenrapport
MRP	Mariene Ruimtelijke Planning
MSDS	Material Safety Data Sheet
MSFD	Marine Strategy Framework Directive
MW	Mega Watt
NEC	National Emission Ceilings (nationale emissieplafonds)
nv	Naamloze vennootschap
o.a.	onder andere
OHVS	Offshore High Voltage Station
OSPAR	Verdrag inzake de bescherming van het mariene milieu van de noordoostelijke Atlantische Ocean (1992)
OWEZ	Windpark Egmond aan Zee
PAK	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen
SAC	Special Area of Conservation

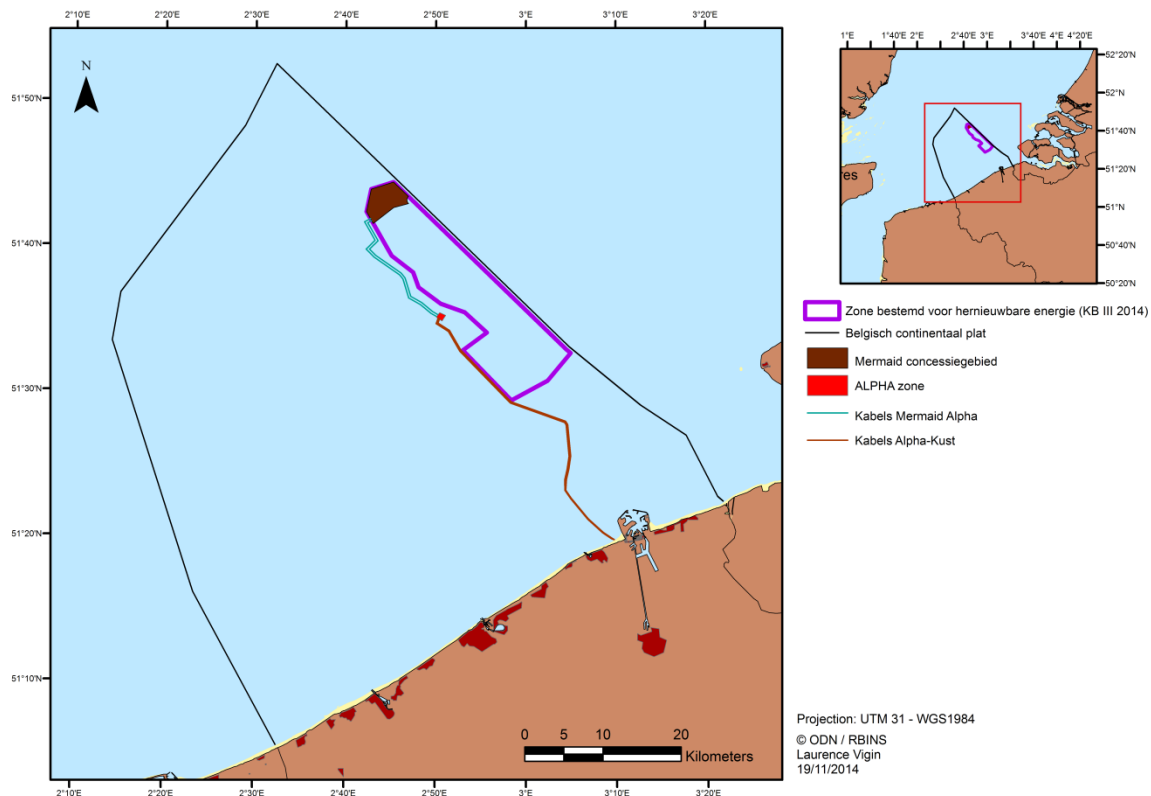
SBZ-V	Speciale Beschermingszone voor vogels
SPA	Special Protection Area
SPL	Sound Pressure Level
T	Tesla
TAT	transatlantic
t.o.v.	ten opzichte van
μPa	micropascal
VK	Verenigd Koninkrijk
WEC	Wave Energy Converter
WZW	West Zuid West
XLPE	Cross-linked polyethylene



# 1. Inleiding

## 1.1 Aanvraag en procedureverloop

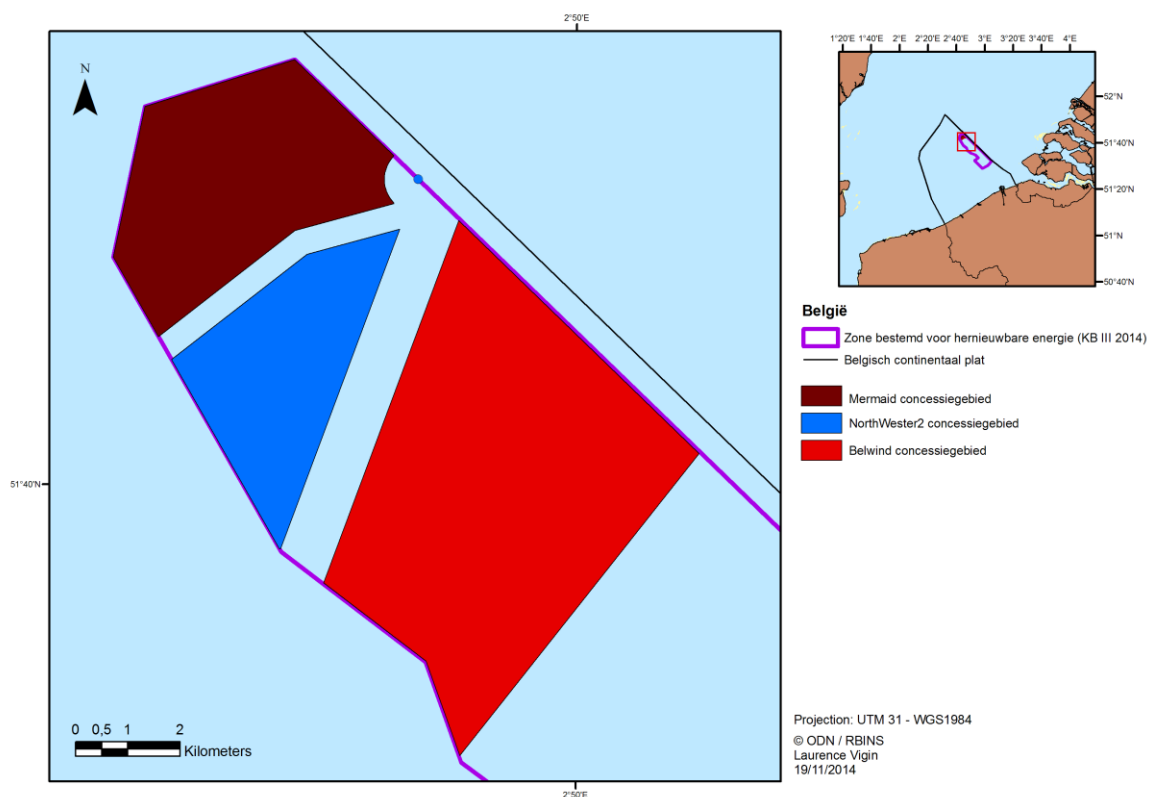
De nv Mermaid diende op 15 september 2014 bij de Staatssecretaris bevoegd voor de bescherming van het mariene milieu een aanvraag in tot het verkrijgen van een vergunning en machtiging voor de bouw en exploitatie van het Mermaid energiepark inclusief kabels in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België. De aanvraag omvatte een milieu-effectenrapport (MER) en werd simultaan betekend aan de Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee (BMM). De aanvraag heeft betrekking op een offshore energiepark (dat bestaat uit een offshore windpark en een pilootproject rond golfenergieconvertoren waarbij één of meerdere WEC-systemen in een zone van het windpark worden geplaatst) in een zone gelegen ten noordwesten van de Bligh Bank, elektriciteitskabels vertrekkende van dit offshore energiepark lopende naar het geplande alpha platform van de netbeheerder ELIA ('verbindingskabels') of naar land (Figuur 1.1).



Figuur 1.1 Mermaid concessiegebied en tracé van de kabels binnen het Belgisch deel van de Noordzee (met aanduiding van de zone van het Alpha platform).

Deze vergunning en machtiging zijn vereist krachtens de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België en zijn een voorwaarde voor de geldigheid van de domeinconcessie afgeleverd bij Ministerieel Besluit op 1 juni 2012 door de Minister van Energie.

De concessiezone bevindt zich in het meest noordelijke deel van de zone voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden zoals die door de Federale Overheidsdienst (FOD) Economie in februari 2011 werd aangepast. De oppervlakte van het volledige concessiegebied bedraagt 28,4 km<sup>2</sup>. De huidige aanvraag betreft enkel het noordelijk gedeelte van de domeinconcessie. De aanvrager heeft gemeld dat het zuidelijk deel van de concessie werd overgedragen aan Northwester 2: deze overdracht omhelst het gedeelte ten zuiden van de Transatlantic (TAT) 14 telecomkabel plus één locatie noordelijk van de TAT 14 telecomkabel (Figuur 1.2). Deze overdracht werd nog niet formeel bevestigd door de Staatssecretaris. De resterende Mermaid concessie is 16,7 km<sup>2</sup>, de Northwester 2 concessie 11,7 km<sup>2</sup>. Om een globale inschatting te maken van de milieueffecten in het oorspronkelijk gebied van de domeinconcessie werd in het MER (IMDC, 2014a) rekening gehouden met het beide concessiegebieden Mermaid en Northwester 2. Voor de MEB wordt enkel rekening gehouden met de huidige aanvraag gelegen in het Mermaid concessiegebied.



Figuur 1.2 Concessiegebieden van Mermaid en Northwester2

Het geïnstalleerd vermogen voor het Mermaid windpark varieert tussen 224 MW en 305 MW. Het windpark zou een jaarlijkse opbrengst van ca. 900 tot 1.200 GWh genereren, wat overeenkomt met het gemiddelde jaarverbruik van ca. 255.000 tot 340.000 doorsnee gezinnen. De kortste afstand van het park tot de Belgische kust bedraagt 49 km.

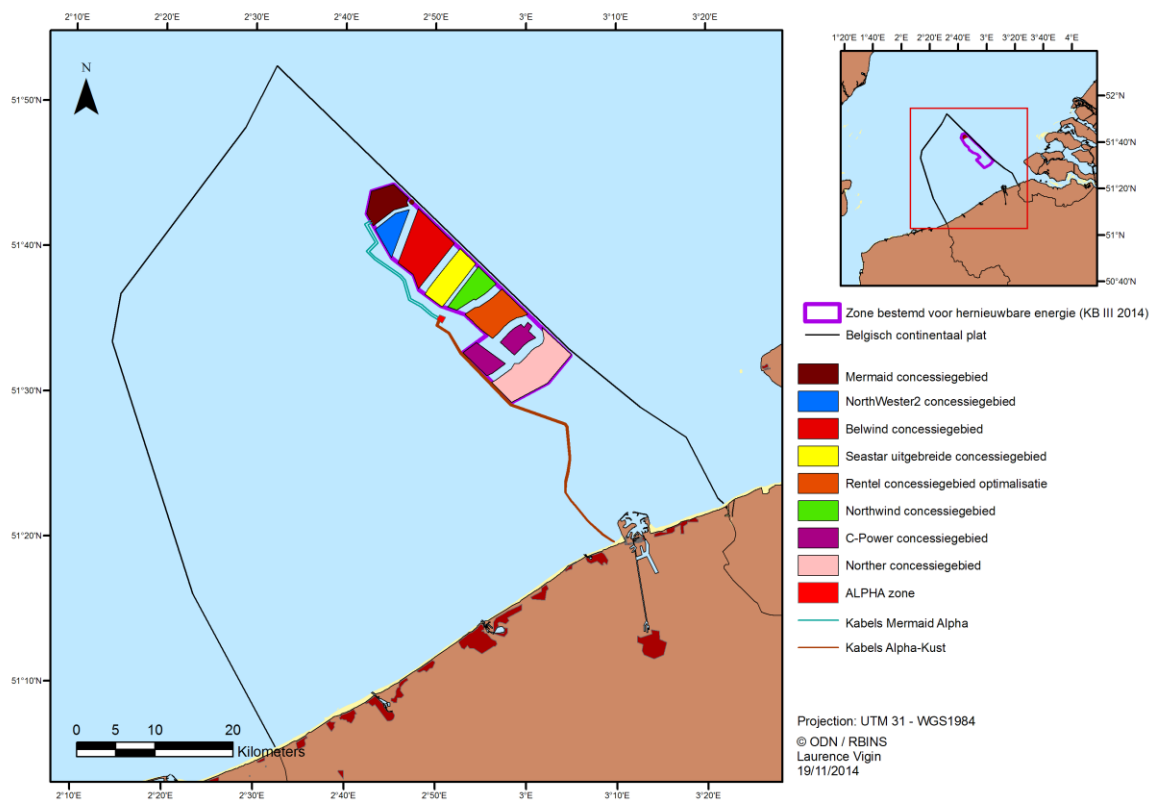
Krachtens de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België dienen de activiteiten waarvoor de aanvraag werd ingediend het voorwerp uit te maken van een milieueffectenbeoordeling door de bevoegde overheid. Het huidige document geeft de resultaten weer van deze milieueffectenbeoordeling.

De concessiegebieden voor windparken bevinden zich in de zone bepaald in artikel 3 bis van het koninklijk besluit (KB) van 20 december 2000 betreffende de voorwaarden en de procedure voor de toekenning van domeinconcessies voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden, in de zeegebieden waarin België rechtsmacht kan uitoefenen in overeenstemming met het internationale zeerecht, zoals gewijzigd door het KB van 17 mei 2004, 28 september 2008 en 8 februari 2011.

Momenteel zijn er zeven offshore windparken waarvoor een domeinconcessie werd afgeleverd:

1. het C-Power project op de Thorntonbank (operationeel sinds 2008)
2. het Belwind project op de Bligh Bank (fase 1 operationeel sinds 2010)
3. het Northwind project op de Lodewijkbank (operationeel sinds zomer 2014)
4. het project Norther gelegen in het uiterste zuiden van de zone voor windenergie
5. het project Seastar gelegen in de zone tussen de Lodewijkbank en de Bligh Bank
6. het project Rentel gelegen in de zone tussen de Thorntonbank en de Lodewijkbank
7. de meest noordelijke concessie waarvan de aanvrager heeft gemeld dat ze werd opgesplitst in het voorliggend Mermaid project en het Northwester 2 project (zie hierboven).

In het MER (IMDC, 2014a) wordt er verwacht dat de projecten Seastar, Rentel, Mermaid en Northwester 2 zullen aansluiten op het geplande Alpha platform van de netbeheerder ELIA, gelegen op de Lodewijkbank. Een overzicht van de locaties wordt gegeven in Figuur 1.3. De cumulatieve effecten van het Mermaid energiepark en de andere, reeds vergunde, windparken worden in deze MEB, voor zover mogelijk is aan de hand van de beschikbare informatie samen geëvalueerd.



Figuur 1.3 Overzicht van de domeinconcessies voor offshore windparken in het Belgisch deel van de Noordzee (BDNZ).

## 1.2 Technische beschrijving van het MERMAID project

### 1.2.1 Configuratie windpark

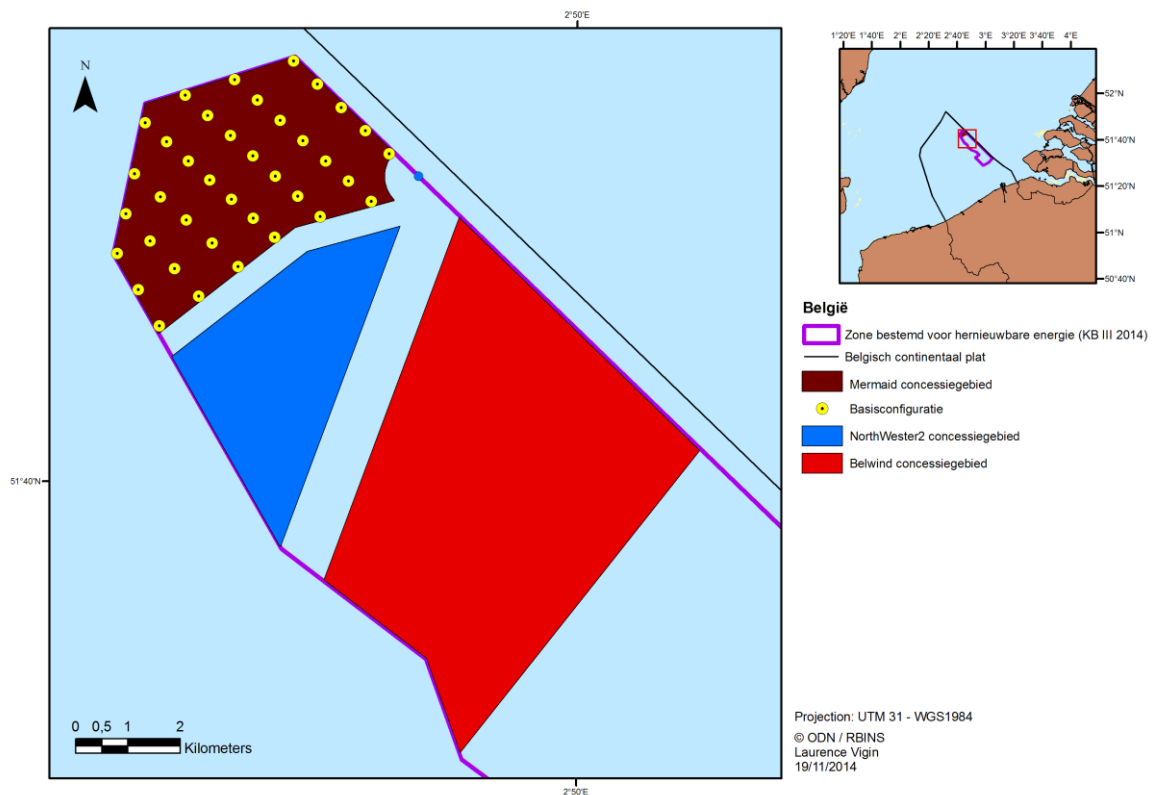
De technische gegevens van de belangrijkste onderdelen van het windpark worden gegeven in tabel 1.1. Voor het opstellen van deze MEB werd gebruik gemaakt van de gegevens uit deze tabel die werd opgesteld met alle beschikbare up-to-date informatie, zijnde: de aanvraag, het MER en bijkomende informatie bekomen door rechtstreeks contact met de aanvrager.

Tabel 1.1 Overzicht technische kenmerken van het Mermaid windpark (uit IMDC, 2014a).

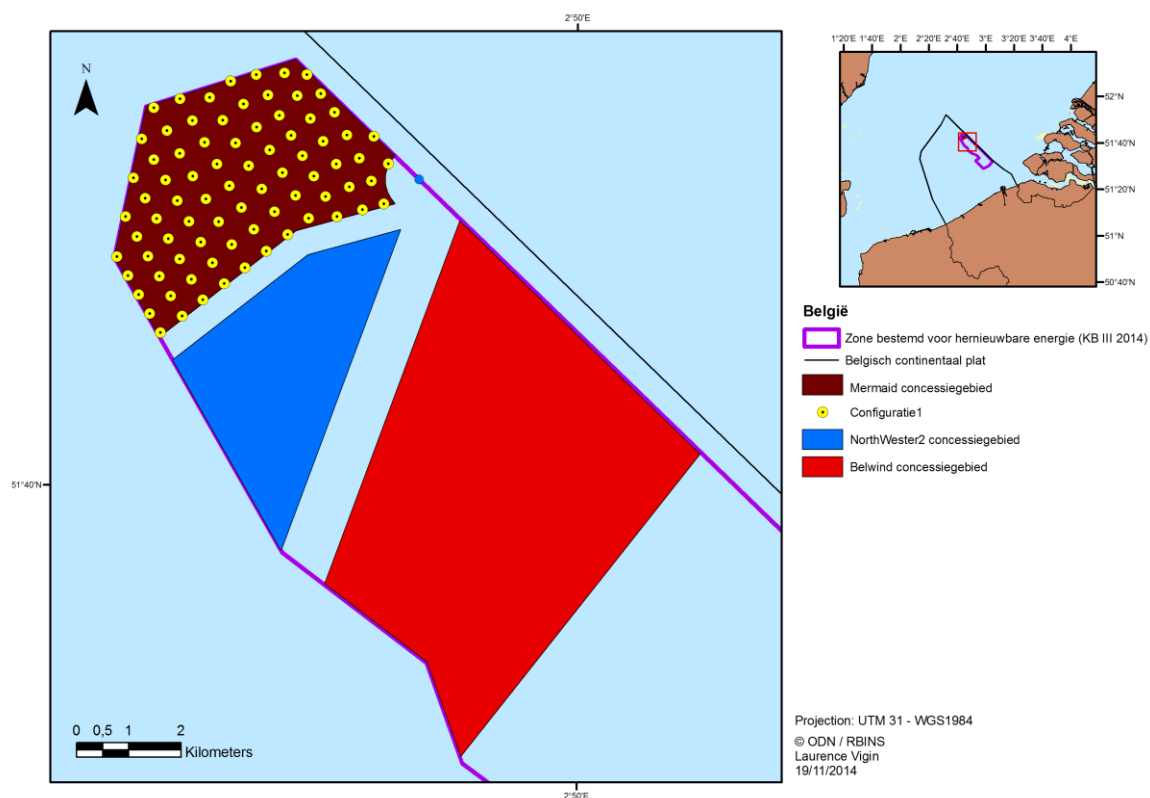
Onderwerp	Omschrijving
<b>Locatie</b>	
Situering	Gelegen op ca. 50 km van de kust; Gelegen ten noorden van de Oosthinderbank en ten noordwesten van de Blighbank langs de grens met Nederland, en ten noordwesten van Northwester 2; Het betreft het meest noordelijk gelegen park in de Belgische zone afgebakend voor de exploitatie van offshore energie vastgelegd door het KB van 20 december 2000, laatst gewijzigd door het KB van 3 februari 2011.
Oppervlakteconcessie Mermaid	Totale oppervlakte van de noordelijke concessie is 16,27 km <sup>2</sup> .
Parkinrichting	Inplanting: basisconfiguratie en drie alternatieve configuraties, Diepte van de zeebodem ter hoogte van het concessiegebied: -24,5 tot -39,5 m TAW (in Mermaid is -x m TAW = -(x+0.48 m) m LAT); Te respecteren afstanden tot de Interconnector gasleiding (500 m), de TAT 14 telecommunicatiekabel (250 m) en de te respecteren bufferzone van 500 m voor het naburige windpark NW2.
<b>Windturbines</b>	
Inplanting	Basisconfiguratie en drie alternatieve configuraties
Type - Vermogen - Rotordiameter	Ca. 3 tot 10 MW per turbine; diverse turbines komen hiervoor in aanmerking. Voor de verschillende omhullende scenario's wordt gewerkt met typevoorbeelden: Basisconfiguratie: 57-32 WTG's, rotordiameter 120-155 m, individueel vermogen 4-7 MW, totaal geïnstalleerd vermogen van 228-224 MW. Typevoorbeeld Alstom Haliade 6 MW, 38 WTG's, totaal geïnstalleerd vermogen 228 MW; Configuratie 1: 80-64 WTG's, rotordiameter 110-130 m, individueel vermogen 3-5 MW, totaal geïnstalleerd vermogen van 240- 320 MW. Typevoorbeeld Vestas V112 MW, 80 WTG's, totaal geïnstalleerd vermogen 264 MW; Configuratie 2: 61-38 WTG's, rotordiameter 150-180 m, individueel vermogen 5-8 MW, totaal geïnstalleerd vermogen van 305-304 MW. Typevoorbeeld Vestas V164 8 MW, 38 WTG's, totaal geïnstalleerd vermogen 304 MW; Configuratie 3: 29-24 WTG's, rotordiameter 165-190 m, individueel vermogen 8-10 MW, totaal geïnstalleerd vermogen van 232-240 MW. Typevoorbeeld SeaTitan 10 MW, 24 WTG's, totaal geïnstalleerd vermogen 240 MW.
Aantal	Basisconfiguratie: 38 turbines; Configuratie 1: 80 turbines; Configuratie 2: 38 turbines; Configuratie 3: 24 turbines.
Productie	Ca. 900 tot 1.200 GWh/jaar (ca. 45% efficiëntie)
<b>Fundering windturbines</b>	
Ofwel monopile	De monopile is een stalen buispaal die in de grond geheid en/of geboord wordt, of via de suction bucket techniek geplaatst wordt. De diepte waarover geheid moet worden om een stabiele fundering te bekomen, hangt af van het bodemprofiel. Rond de paal wordt een erosiebescherming aangebracht, die zowel statisch als dynamisch kan zijn. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1.

Ofwel jacket	De jacket fundering bestaat uit een vakwerktoren, opgebouwd uit stalen buizen met vier steunpunten. De palen worden ofwel geheid ofwel via de suction bucket techniek aangebracht. Er wordt in het MER uitgegaan van een worst-case scenario waarbij voor alle funderingen een dynamische erosiebescherming wordt aangebracht. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1, 2 en 3.
Ofwel gravitaire fundering	Een gravitaire fundering bestaat uit een holle betonnen kegel, die overgaat in een smallere sectie, waarop de windturbine gemonteerd wordt. De fundering wordt geprefabriceerd op land en wordt vanaf het schip of ponton neergelaten op de vooraf vlak gemaakte zeebodem. Rond de fundering wordt een erosiebescherming aangebracht. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 2 en 3.

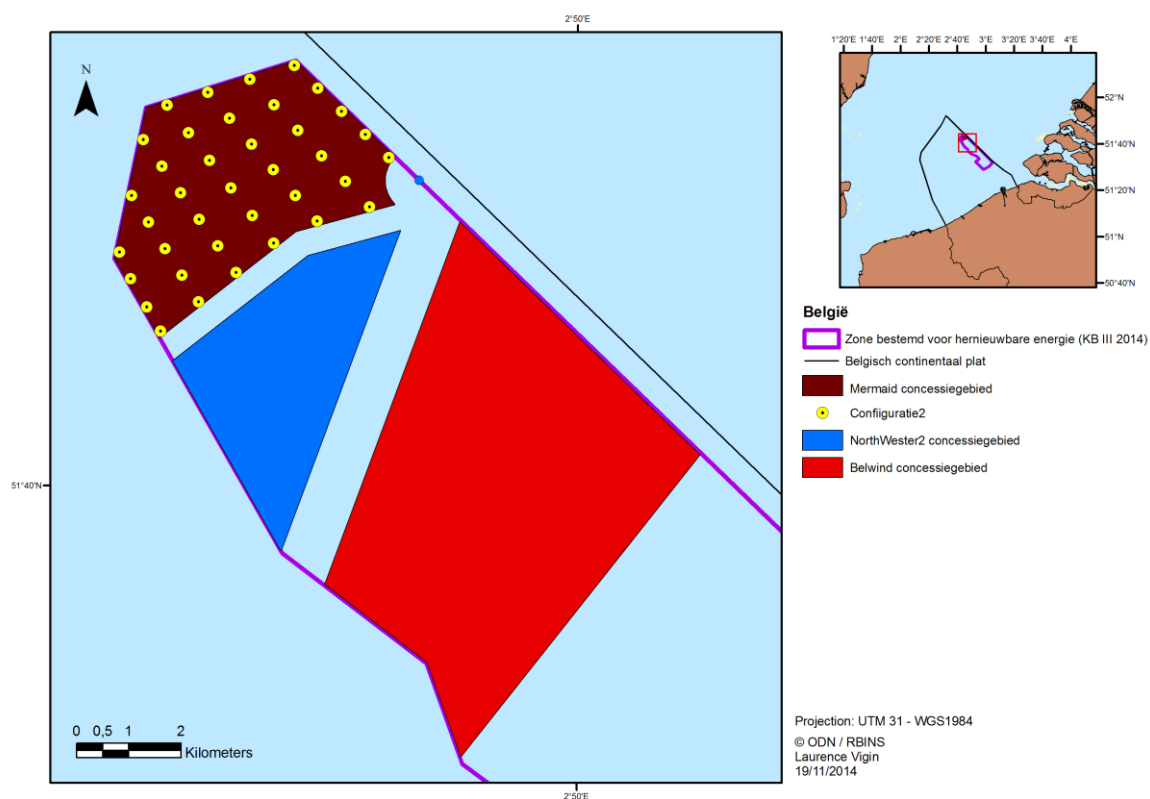
In het MER werd de milieu-impact van een type fundering besproken voor de situatie waarbij alle turbines binnen de configuratie met dezelfde fundering worden uitgevoerd. In werkelijkheid voorziet de aanvrager dat een combinatie van funderingstechnieken mogelijk blijft binnen het windpark. Een overzicht van de voorgestelde configuraties wordt gegeven in Figuur 1.4. t.e.m. 1.7



Figuur 1.4. Schematisch overzicht van de basisconfiguratie – Typevoorbeeld Alstom Haliade: 38 windturbines met een individueel vermogen van 6 MW.

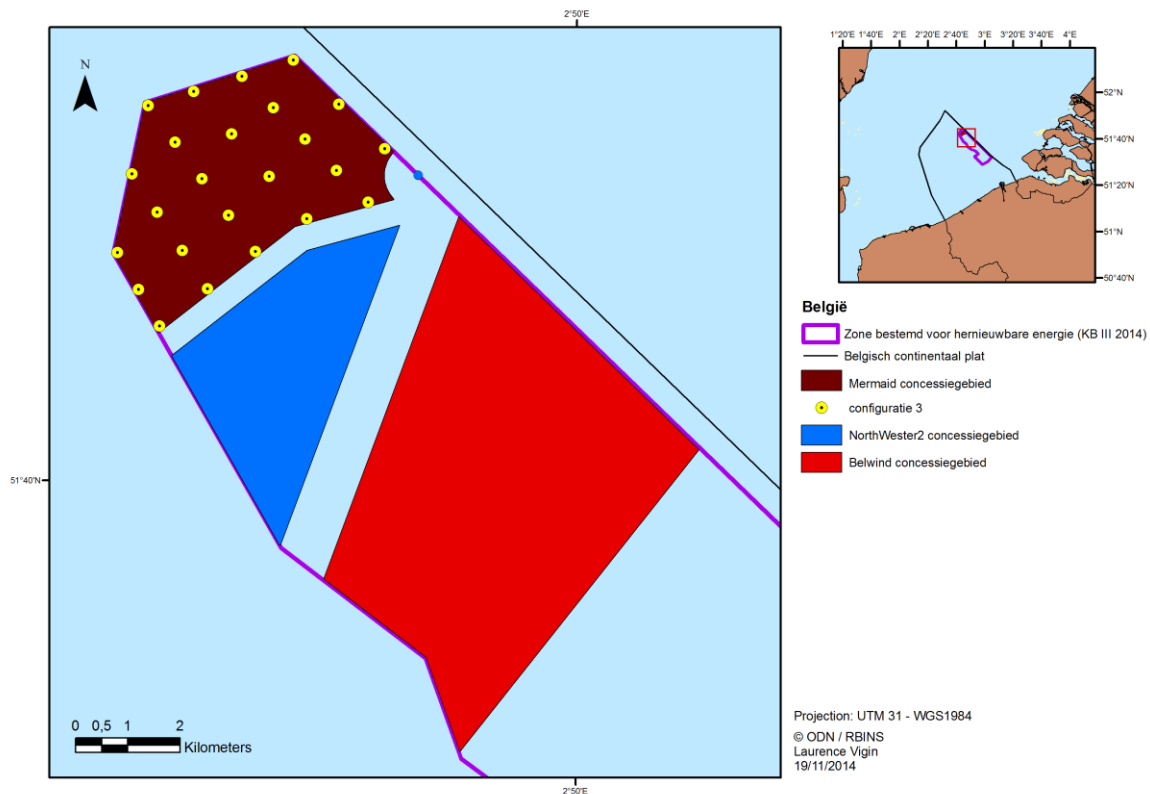


Figuur 1.5. Schematisch overzicht van configuratie 1 – Typevoorbeeld Vestas V112: 80 turbines met een individueel vermogen van 3.3 MW.



Figuur 1.6. Schematisch overzicht van configuratie 2 - Typevoorbeeld Vestas V164 : 38 turbines met een

individueelvermogen van 8 MW.



Figuur 1.7. Schematisch overzicht van configuratie 3 – Typevoorbeeld Sea Titan: 24 turbines met een individueel vermogen van 10 MW.

## 1.2.2 Configuratie kabels windpark

### *Bekabeling binnen het park (parkkabels – infield cables)*

Per cluster van windturbines wordt een 33 of 66 kV-parkkabel voorzien om de onderlinge aansluiting van opeenvolgende windturbines in het windpark te realiseren. Er worden zo clusters (strings) gevormd, vanwaar via 4 à 5 x 66 kV of 9 à 12 x 33 kV parallelle verbindingkabels (in een kabelcorridor) de link naar een OHVS in de concessie of naar het nabijgelegen ELIA Alpha transformatorstation wordt gemaakt. In functie van de beschouwde park layout zijn er een aantal clusters in het windpark die telkens ingelust zijn.

### *Bekabeling van de clusters naar het OHVS of de Alpha locatie (verbindingkabels)*

Het elektrisch vermogen dat door de windturbines wordt opgewekt en gebundeld wordt in de hierboven beschreven clusters, wordt verzameld in een offshore transformatieplatform in de basisopstelling. In dit transformatieplatform wordt in de hier beschreven basisopstelling de elektrische wisselspanning van 33 kV of 66 kV omgezet naar de geschikte hoogspanning van 150-220-380 kV, om zodoende de elektrische koppeling met de hoogspanningspost Alpha te kunnen maken. Er wordt in het Mermaid project maximaal één offshore transformatieplatform voorzien dat in staat is om minstens alle opgewekte energie van het windpark (ca. 224 à 305 MW) te ontvangen. Het offshore transformatieplatform in de omgeving van de ZW-benedenhoek van de concessiezone voorzien.



Enerzijds komt dit de veilige bereikbaarheid van het platform ten goede, en anderzijds zorgt deze locatie voor het beperken van de totale lengte van elektrische parkkabels in de concessiezone en van de verbindingskabels in de kabelcorridor tussen het platform en de elektrische aansluiting op Alpha.

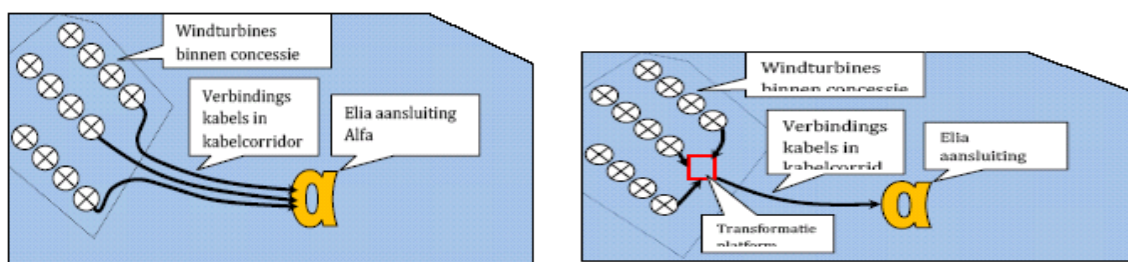
Een alternatief bestaat erin de kabels niet via een OHVS, maar rechtstreeks van de verschillende clusters naar de Alpha locatie te leiden en te verbinden. Indien het technisch/economisch opportuun is, zal hiervoor geopteerd worden. De verbinding zal dan bestaan uit rechtstreekse maritieme kabelverbindingen met een spanning van 66 kV die in kabelcorridor geplaatst worden vanaf de respectievelijke windturbine clusters tot aan de hoogspanningspost op Alpha. Deze verbindingskabels worden maximaal gegroepeerd binnen de concessie en lopen verder parallel in een kabelcorridor (met een tussenafstand van minimaal 50 m) naar het offshore hoogspanningsstation Alpha.

Om de verbinding tussen Mermaid en de Alpha-locatie minimaal in afstand te houden, verlaat de voorziene kabelcorridor voor de verbindingskabels de Mermaid-concessiezone aan de zuidwestelijke tip. De kruisingen van respectievelijk de Interconnector en Norfra/Franpipe aardgasleidingen enerzijds en de kruisingen van de respectievelijke TAT-14 en SeaMeWe telecommunicatie kabels anderzijds, zo loodrecht mogelijk ingetekend (IMDC, 2014a).

Op basis van de actuele, preliminaire elektrische kabelontwerpen (met de actueel vooropgestelde Windturbine/machines) bedraagt de individuele lengte van deze verbindingskabels (in functie van het aantal cluster in het windpark 3-6 kabels parallel in corridor) zo'n 20 tot 22 km.

De parallelle verbindingskabels op 150-220-380 kV in het geval een offshore transformatieplatform wordt voorzien, of op 66 kV indien dit platform niet opportuun is, komen aan op de nog aan te leggen Alpha installatie op de Lodewijkbank. Deze elektrische kabels zullen volgens de voorschriften van Elia op Alpha aanlanden en met de hoogspanningspost van Elia worden verbonden. In de offshore Alpha-installatie wordt de energie opgewekt door het Mermaid windpark, aan het hoogspanningsnet geleverd.

Een overzicht van de mogelijke kabelconfiguraties wordt gegeven in figuur 1.8 en 1.9:



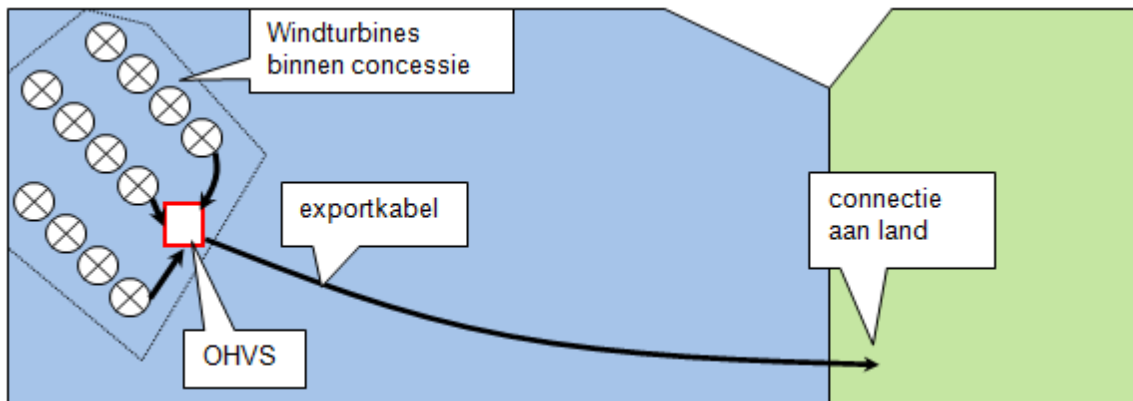
Figuur 1.8.. Kabelverbinding per cluster naar Alpha locatie (links) en kabelverbindingen via OHVS naar Alpha locatie (rechts) (IMDC, 2014a)

#### *Alternatief uitbreiding(kabels rechtstreeks naar de kust- niet via Alpha locatie)*

Naast deze basisopstelling wordt in de aanvraag ook een alternatieve uitbreiding uitgewerkt. Deze alternatieve uitbreiding voorziet in een rechtstreekse aansluiting van het Mermaid energiepark naar de kust. Bij deze aansluiting volgt de elektrische bekabeling vanuit het offshore transformatieplatform



binnen de concessie, de kabelcorridor tot aan Alpha, zoals hierboven reeds beschreven. Verder lopen, bij ontstentenis van dit offshore transformatorstation Alpha, de export kabels rechtstreeks door naar de aanlandingslocatie in Zeebrugge, voor aansluiting op het onshore Stevin station. Het tracé dat hierbij wordt gevolgd valt nagenoeg samen met de kabelcorridor zoals voorzien binnen het BOG project. Het tracé van Alpha-locatie naar de kust volgt grotendeels het traject van de zogenaamde A-kabels (A1- A2- A3) uit het MER/MEB studiedossier van het Elia BOG-project. Als dusdanig zijn de relevante gegevens omtrent dit kabeltracé terug te vinden en behandeld in de MER/MEB studie van dit project (IMDC, 2013 en Rumes *et al.*, 2014).



Figuur 1.9. Alternatief met rechtstreekse aansluiting via een exportkabel van het energiepark naar de kust (IMDC, 2014a)

Teneinde maximaal te voldoen aan de wettelijke voorgeschreven veiligheidsafstanden voor elektriciteitskabels (KB kabels 12/03/2012) enerzijds en maximaal de nabijgelegen zandwinningszone 1A en het referentiegebied voor monitoring te vrijwaren anderzijds is het BOG-tracé ter hoogte van de westelijke passage langsheen de C-Power en Norther-concessie lichtjes gewijzigd. De kabelcorridor (voorzien voor 3 exportkabels op onderlinge tussenafstand van 100 m met een extra bufferstrook van 25 m aan weerszijden) ligt parallel op 250 m van de westelijke rand van de afgebakende zone voor windparken. Deze lokale aanpassing in het kabeltrace zorgt ervoor dat

- De minimale veiligheidsafstand van 250 m rond een actieve elektriciteitskabel wordt gevrijwaard.
- Het voorgestelde kabeltracé vanaf de Alpha-locatie naar de kust volledig binnen de zone afgebakend binnen het MRP (KB van 20-03-2014 – Afd.7 Art.8 §7) als bestemd voor het leggen en exploiteren van pijpleidingen en kabels ligt
- De betreffende elektrische kabels zo dicht mogelijk tegen de rand van het overlappende zandwinningsgebied 1A (MRP KB van 20-03-2014 – Afd.6 Art.11 §1) en het referentiegebied voor monitoring van impact op het milieu van zandwinning en windparken (MRP KB van 20-03-2014 – Afd.6 Art.11 §3) ligt.
- De elektrische exportkabels ruim voldoende ver van het militaire oefengebied “Explosiezone voor oorlogsmunitie” liggen.

Tabel 1.2 Overzicht technische kenmerken van de elektrische infrastructuur van het Mermaid project. (IMDC, 2014a)

<b>Elektrische infrastructuur</b>	
Parkkabels binnen het windpark EN verbindingkabels naar Alpha	De windturbines worden in groepen (4-6 strings) voor 66 kV parkkabels, tot 9-12 strings bij 33 kV kabels van telkens ca. 60 MW of 30 MW verbonden op resp. een 66 of 33 kV parkkabel en aangesloten op een OHVS of rechtstreeks op het Alpha-station van ELIA buiten het concessiegebied via verbindingkabels van 66 kV; Aanlegdiepte kabels: ca. 1 m in de zeebodem.
Offshore hoogspanningsstation (OHVS)	Aantal: maximum 1, afhankelijk van de parkkabelconfiguratie en de externe aansluiting op het nabijgelegen Alpha; Step-up transformatoren 33/66 kV → 150-220-380 kV
Kabels vanaf de golfenergie convertor naar een naburige windturbine of naar het OHVS	In functie van de weerhouden golfenergie testmodellen zal de elektrische verbinding gebeuren via parkkabels die vergelijkbaar zijn met de parkkabels voor windturbines, ofwel zal gebruik gemaakt worden van dynamische elektrische kabels die deels ‘zweven’ in de waterkolom
Kabels vanaf OHVS naar land of naar Alpha	3-fasige onderzeese 150 kV, 220 kV of 380 kV kabel; afhankelijk van het geïnstalleerd vermogen 2 x 150 kV, 1-2 x 220 kV of 1-2 x 380 kV. Bekabeling zal gebeuren volgens de richtlijnen opgesteld door de bevoegde instanties Aansluiting op het Alpha-station van Elia (Belgian Offshore Grid) op de Lodewijkbank OF aan de kust in hoogspanningsstation STEVIN in Zeebrugge. Het hier gedefinieerde kabeltracé valt hierbij volledig samen met het kabeltracé voorzien binnen het reeds bestudeerde BOG-project.

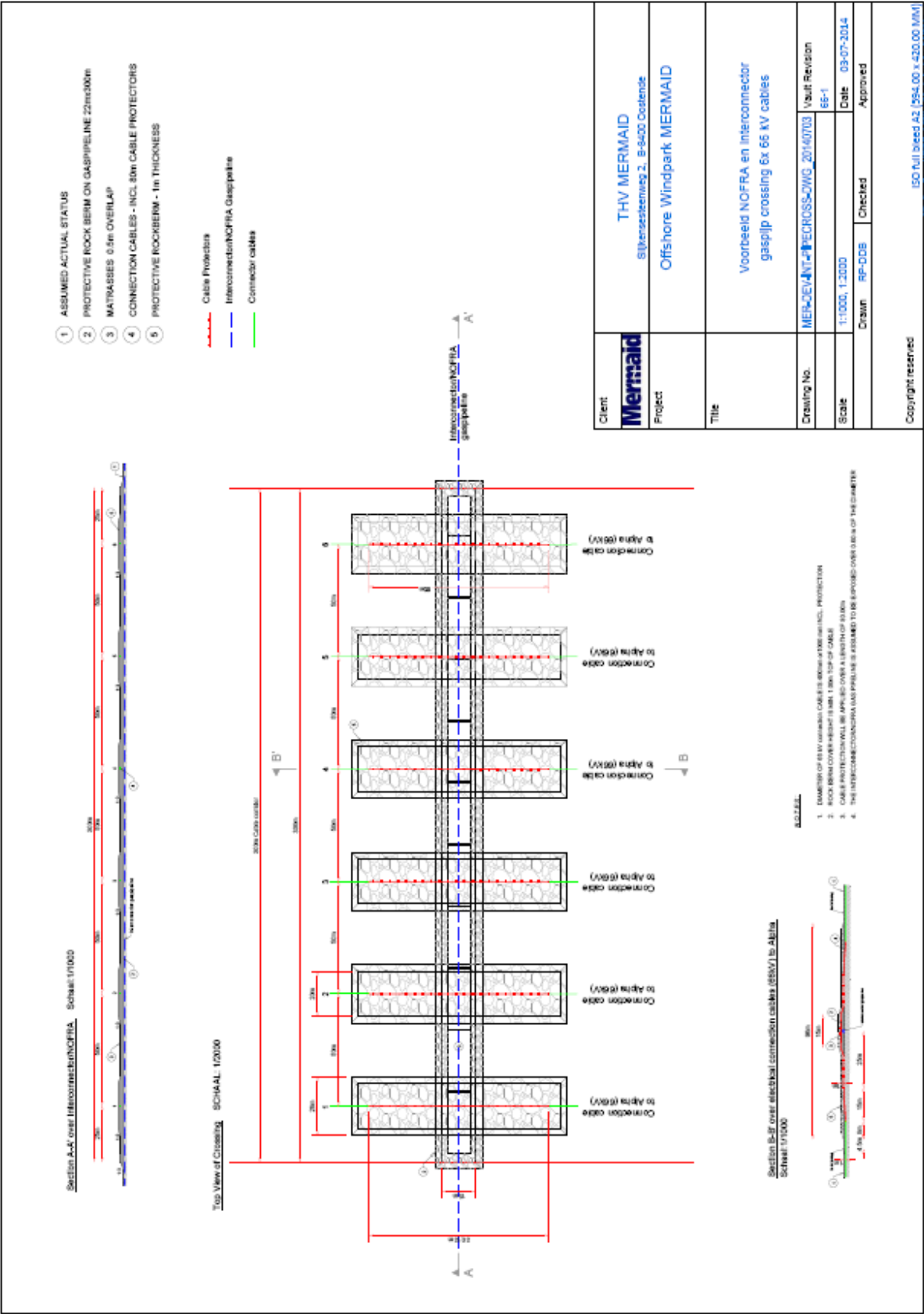
### *Kruisingen met telecommunicatiekabels en gaspijpleidingen*

**Binnen het concessiegebied** – bij de parkkabels – kan enkel een kruising met de niet langer actieve UK-Netherlands 11 kabel voorkomen. Gebruikelijk wordt hier dan ook een lokaal verwijderen van deze niet actieve kabel verkozen als alternatief voor een kruising. Een verdere afweging gebeurt op basis van latere operationele design-beschouwingen en uitvoeringstechnieken.

**Buiten de domeinconcessie** lopen principieel de 1-6 verbindingkabels in een kabelcorridor van 300 m breed (maximaal 4 x 50 m tussenafstand en buffer aan buitenzijde 2 x 25 m) tussen de grens van het concessiegebied naar de nabijgelegen Alpha-installatie.

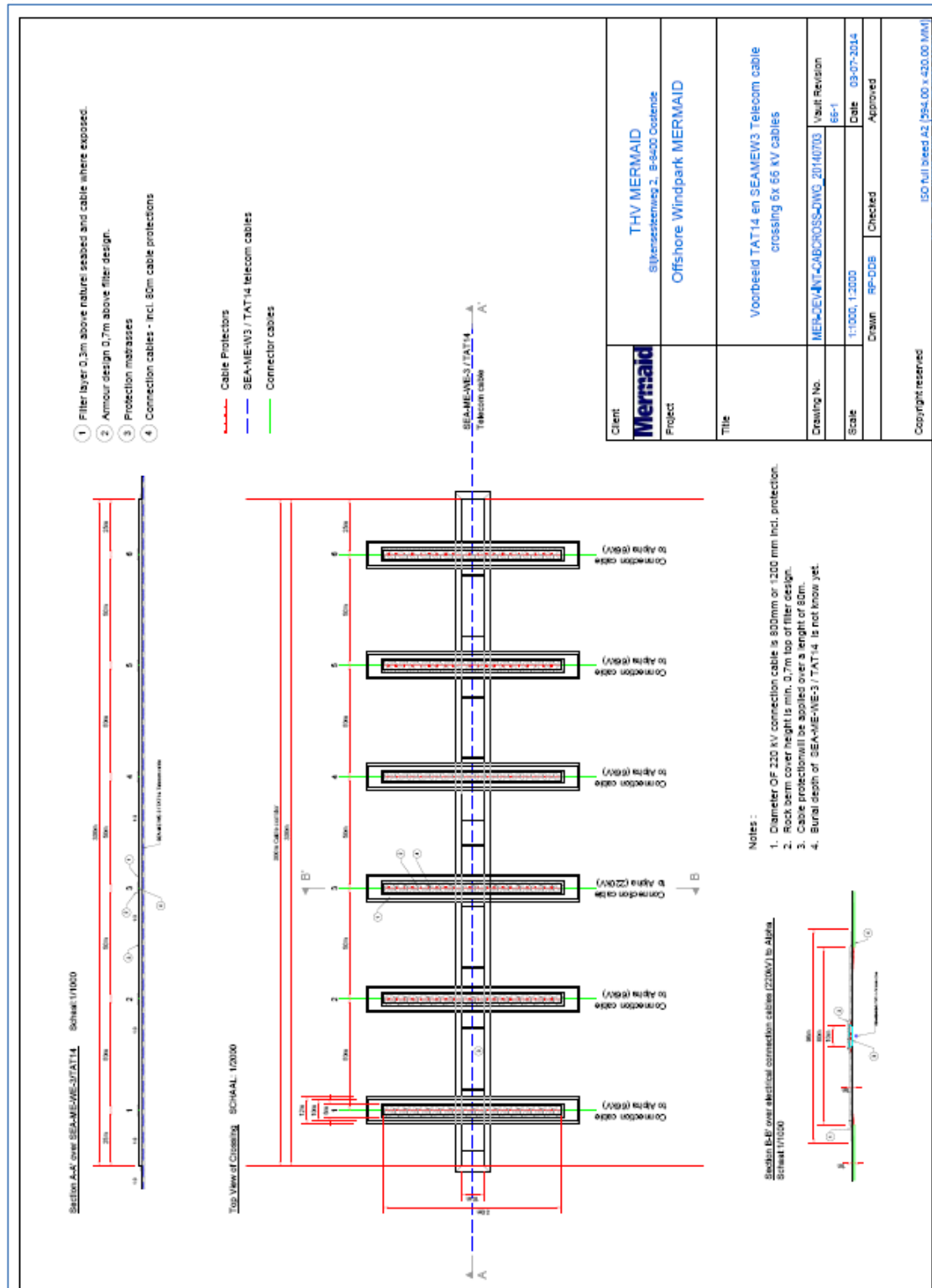
Bij de hier vooropgestelde Alpha-locatie op de nabijgelegen Lodewijkbank wordt achtereenvolgens een kruising met de de actieve TAT14-telecommunicatiekabel in de directe omgeving van de concessiezone, de Interconnector en Norfra/Franpipe-gasleidingen en tenslotte de SeaMeWe3 S10.4 telecomkabel voorzien.

De kruising met zowel de Interconnector als de Norfra/Franpipe aardgasleiding is – in nauw overleg met de betrokken eigenaar – maximaal loodrecht op de lokale gasleiding voorzien in een kabelcorridor van 300 m breed waarin 1-6 verbindingkabels maximaal gebundeld worden (tussenafstand = 50 m) (Figuur 1.10.).



Figuur 1.10.. Ontwerp kruising met gasleiding Norfra.franpipe en Interconnector (IMDC, 2014a)

Ook de respectievelijk kruisingen met de actieve telecommunicatiekabels TAT14 en SeaMeWe3 S10.4 wordt maximaal loodrecht op de bestaande ligging ingetekend in een kabelcorridor van 300 m breed waarin 1-6 verbindingskabels maximaal gebundeld worden (tussenafstand = 50 m) (Figuur 1.11).



Figuur 1.11. Ontwerp kruising met telecommunicatiekabels TAT14 en SEAMEWE3 (IMDC, 2014).

Samengevat kunnen volgende kruisingen geïdentificeerd worden in het actueel voorliggende Mermaid project, waarbij de Alpha-locatie is voorzien op de nabijgelegen Lodewijk Bank:

Tabel 1.3.. Overzicht van de verschillende kruisingen bij het MERMAID project.

	<b>Mermaid parkkabels</b>	<b>Verbindingsbekabeling - kruising</b>
<b>TAT14-telecomkabel</b>	2 x 250 m veiligheidsafstand	Kruising
<b>UK-Netherlands 11 telecomkabel</b>	2 x 50 m veiligheidsafstand OF lokaal weghalen	nvt
<b>Interconnector</b>	Veiligheidsafstand 2 x 500 m	Kruising + Veiligheidsafstand 2x 500 m
<b>Franpipe/Norfra</b>	nvt	Kruising
<b>SeaMeWe3 S10.4</b>	nvt	Kruising

### 1.2.3 WEC's

#### 1.2.3.1 Algemene werking

Golfenergie wordt gevormd door de wind die zich over het wateroppervlakte beweegt. De wrijving tussen de luchtmoleculen en de watermoleculen verplaatst de energie van de wind naar het water. Hierdoor worden er golven gevormd. Een golf is een energieverplaatsing. Golven zijn mechanisch omdat ze door het water bewegen. Het water beweegt niet mee met de golf maar gaat op en neer: het is de energie die met de golf meereist.

De golfenergie kan op verschillende manieren omgezet worden in elektrische energie. De belangrijkste zijn:

**Oppervlakte structuren:** deze structuren ontwikkelen energie door de golven die op en neer op het wateroppervlakte bewegen

**Onderwater structuren:** deze structuren zijn aan de zeebodem vastgemaakt en hebben delen die in de waterkolom drijven. Door de golfbeweging gaan deze delen oscilleren, wordt een turbine aangedreven en produceren ze energie

**Reservoir structuren:** deze structuren halen hun voordeel uit golven die water in een reservoir duwen. Bij het teruguitvloeien van het water, wordt dit door een buis geperst waar het de bladen van een turbine doet draaien die deze energie omzet in elektriciteit.

In het MER (IMDC, 2014a) worden op basis van het werkingsprincipe de golfenergie convertoren onderverdeeld : met name de 'point absorber', de 'attenuator' (lange drijvende structuur), oscillerende en schommelende golfenergie convertoren (oscillating wave surge) en overtopbare golfenergie.

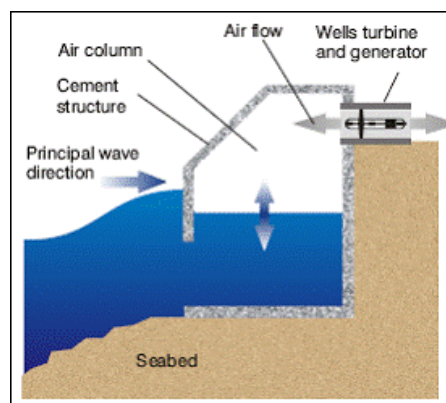
**Point absorber:** dit is als het ware een complexe boei die de golfbeweging volgt, waarbij de beweging van deze boei ten opzichte van de zeebodem als een vast referentiepunt toelaat elektriciteit te produceren. Een generator kan worden gemonteerd op of in de boei. Verder bevindt zich in de boei

een speciale lier waarop een kabel wordt gewonden. De andere zijde van de kabel is verankerd in de bodem. Wanneer nu een golftop passeert, wordt de boei naar omhoog getrokken. De kabel wordt daarbij afgerold, maar mits het overwinnen van enige weerstand van de generator: dit gaat gepaard met het absorberen van golfenergie. Naast deze losse boeien (“single point absorber”) bestaan er eveneens “multiple point absorbers” waarbij ofwel meerdere boeien als een soort slang aan elkaar gekoppeld zijn parallel met de golfrichting (“attenuators”) ofwel de vlotters in een lijn staan loodrecht op de golfrichting (“terminators”).

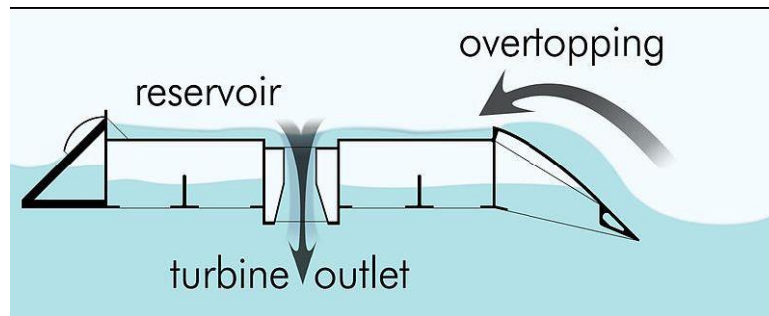


Figuur 1.12. Voorbeelden van een point absorber en een multiple point absorbers (attenuator)  
(<http://underthecblog.wordpress.com/2014/02/17/wave-energy-conversion-the-physics-and-the-applications/>)

Oscillerende waterkolom: deze methode maakt gebruik van een oscillerende luchtkolom waarbij het wisselende waterniveau in een vaste klok die met de rand onder water hangt luchtstromingen opwekt die een turbine aandrijven die op de luchtbeweging draait. Er bestaan zowel modellen die rechtstreeks verbonden zijn met de kust als modellen die offshore kunnen ingezet worden.



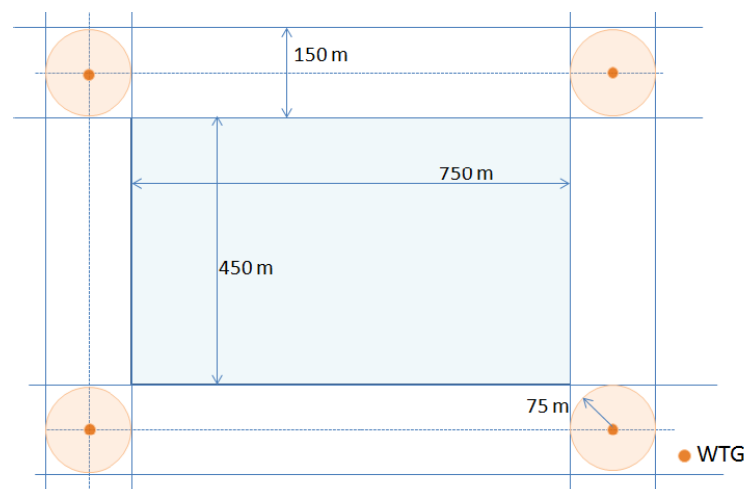
Figuur 1.13. (<http://underthecblog.wordpress.com/2014/02/17/wave-energy-conversion-the-physics-and-the-applications/>)  
Overtoppingssystemen: deze systemen maken gebruik van de potentiële energie in de golven. Zeewater wordt opgevangen in een verhoogd reservoir en via lagedrukturbines terug in zee geloosd. Ook deze techniek kan zowel aan de kust als offshore gebruikt worden.



Figuur 1.14. overtoppingsysteem (IMDC 2014a).

### 1.2.3.2 Configuraties WEC's algemeen

In het MER (IMDC, 2014a) werden scenario's besproken met tot 60 MW geïnstalleerd vermogen aan WEC's. Echter, aangezien de in het MER beschouwde WEC-systemen nog volop in ontwikkeling zijn en er nog grote onzekerheden bestaan over zowel de economische als industriële risico's van dit aspect van het Mermaid project alsook grote leemtes in de kennis bestaan over de te verwachten effecten op het mariene milieu, werd in de huidige aanvraag een pilootproject rond golfenergieconvertoren voorzien waarbij, binnen één proefveld, één of meerdere WEC-systemen in de vrije zone tussen de windturbines worden geplaatst. Dit pilootproject heeft als hoofddoel de technische haalbaarheid en de onzekerheden over de effecten op het mariene milieu van deze nieuwe technologie in het veld te evalueren. Dit moet toelaten om later een nieuwe aanvraag in te dienen voor scenario's met een groter geïnstalleerd vermogen waarbij voldoende informatie beschikbaar is voor een degelijke milieueffectenbeoordeling. In het huidige MER wordt een corridor van 2 x 75 m voorzien rond de funderingen van de windturbines die fungeert als toegangskanaal ten behoeve van onderhoudswerkzaamheden en controle (Figuur 1.15. ). In de basisconfiguratie (38 x 6 MW) is hiertoe een basisveld van 750 x 450 m of 337.500 m<sup>2</sup> (Figuur 1.15) als vrije zone voor WEC's ingetekend. Binnen dit basisveld wordt dan – in functie van het respectievelijke WEC-systeem- getracht een dusdanige configuratie in te tekenen zodat per basisveld een streefwaarde van 5 MW aan geïnstalleerd vermogen wordt gehaald. De voorgestelde inplantingen voor respectievelijk windturbines en golfenergieconvertoren zijn in de MER studie louter indicatief en maken onderwerp uit van een verdere optimalisatie bij de ontwerpstudie van het energiepark.



Figuur 1.15. Basisveld voor de WEC's, ingeplant tussen 4 windturbines in de basisconfiguratie met 38 WTG's.



Wat betreft de locaties van dit basisveld in de pilootfase, wordt de noordzijde van de Mermaid concessiezone vermeden gezien de nabijheid van scheepvaartroutes. Ook de westzijde van de concessiezone is minder geschikt omdat deze zone mogelijk de toegang tot het transformatieplatform in de concessiezone zou kunnen hinderen en een onnodig bijkomend aanvaringsrisico zou betekenen. De locaties aan de oostzijde nabij de Belgisch-Nederlandse grens zijn beter geschikt. Het MER (IMDC 2014a) gaat er van uit dat in het aanwezige windpark geen verstoring of damping optreedt van de invallende golven. De overheersende invalrichting van de golven is immers zuidwest.

### 1.2.3.3 Typevoorbeelden en -configuraties WEC's aanvraag (IMDC 2014a)

In het kader van de MER (IMDC 2014a) werden, op basis van de vandaag gekende en geïdentificeerde BBT rond de WEC-systemen, 6 mogelijke typevoorbeelden geselecteerd als meest haalbaar op het BDNZ en die zouden kunnen worden geplaatst in het Mermaid park. Ze kunnen worden opgesplitst in 2 groepen: multiple point absorbers en single point absorbers.

#### *Multiple point absorbers*

##### 1) Wavestar

De Wavestar is ontwikkeld in Denemarken en bestaat uit een platform waarop via armen een rij grote vlotters zijn bevestigd die mee bewegen met de golven (Figuur 1.16). Golven lopen parallel aan het platform zodat de 20 vlotters om beurt stijgen en dalen. Op deze manier wordt een continue energieproductie gecreëerd. Bovendien is de Wavestar ook goed beschermd tegen stormweer doordat de armen uit het water kunnen worden getrokken en het platform zoals een 'jack-up platform' boven de golven kan opgekrakt worden bij slechte weersomstandigheden.



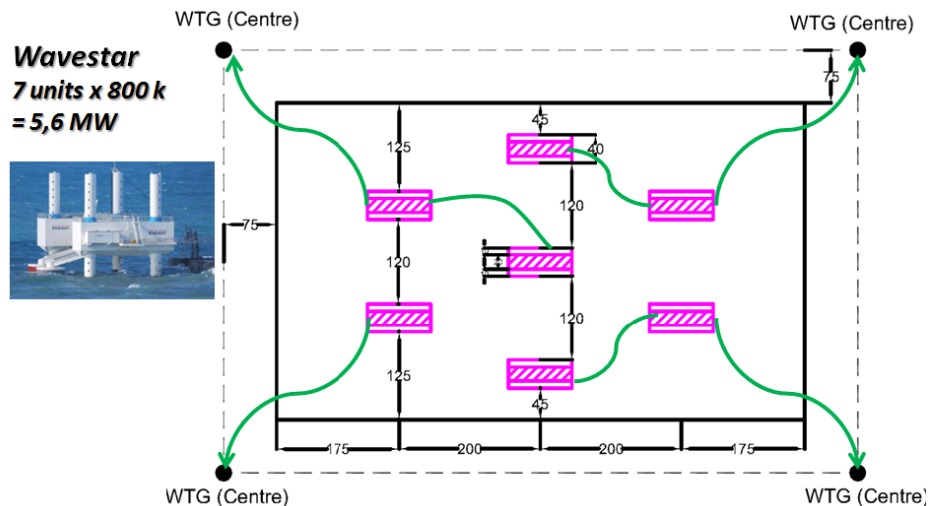
Figuur 1.16. Een ontwerp van de Wavestar. Links in stormcondities met de vlotters opgetrokken als beveiliging, rechts onder normale omstandigheden (bron:wavestarenergy.com)

Afhankelijk van het lokaal golfklimaat kunnen het aantal vlotters en de dimensies van de WEC worden aangepast (vlotters van 5 tot 10 m diameter). De Wavestar wordt als enige typevoorbeeld verankerd in de bodem door middel van monopiles. De uitvoering en het benodigde materiaal zal analoog zijn aan de monopiles van de windturbines, maar de diameter van de paal zal kleiner zijn. Wegens de kleine diameter van de monopiles (3-4 m) wordt in het MER verwacht dat het niet nodig is om voorafgaand aan de plaatsing de ondergrond te nivelleren of erosiebescherming aan te brengen na



installatie. Momenteel is er een testopstelling van 600 kW op schaal 1:2 geïnstalleerd in Denemarken. De afmetingen zijn op dit moment moeilijk in te schatten en zullen afhangen van de uiteindelijke grootte van het platform.

Als typevoorbeeld voor het MER wordt uitgegaan van de Wavestar C6 opstelling. Dit model heeft een dimensie van 80 m x 20 m waarop 20 vlotters (diameter 6 m per vlotter) zijn aangebracht. Het individueel vermogen van de C6 bedraagt 800 kW. Er kunnen 7 units geplaatst worden in een basisveld van 750 x 450 m voor een totaal nominaal geïnstalleerd vermogen van 5,6 MW per basisveld (Figuur 1.17).



Figuur 1.17. Inplanting en de bekabeling (groen) in het basisveld (750 m x 450 m, minimale buffer 75 m) voor de Wavestar

## 2) Poseidon

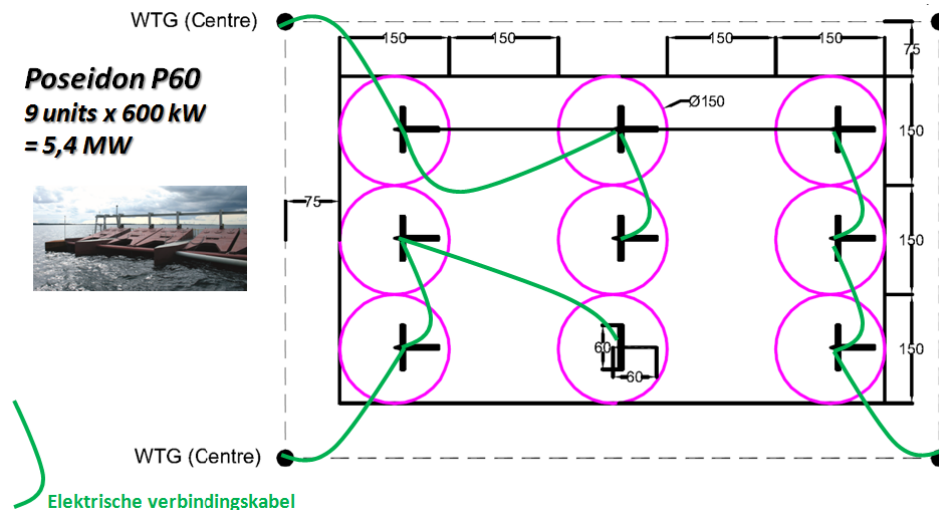
De Poseidon (leverancier: Floating Power Plant, FPP) bestaat net als de Wavestar uit een rij vlotters die bevestigd zijn aan een platform. Het platform is hier echter een drijvende constructie die verankerd wordt aan de zeebodem. Er hoeft dus niet geheid te worden met monopiles. De verankering aan de zeebodem gebeurt via 'turret mooring'. Doordat energie uit de golven wordt onttrokken, wordt de golfhoogte achter het platform gereduceerd wat een makkelijke toegang toelaat voor onderhoudsschepen.



Figuur 1.18. Testfase van de Poseidon (bron: [www.floatingpowerplant.com](http://www.floatingpowerplant.com))

Een testontwerp van 37 m breed was operationeel sinds 2008 voor de kust van Denemarken (Figuur 1.18).

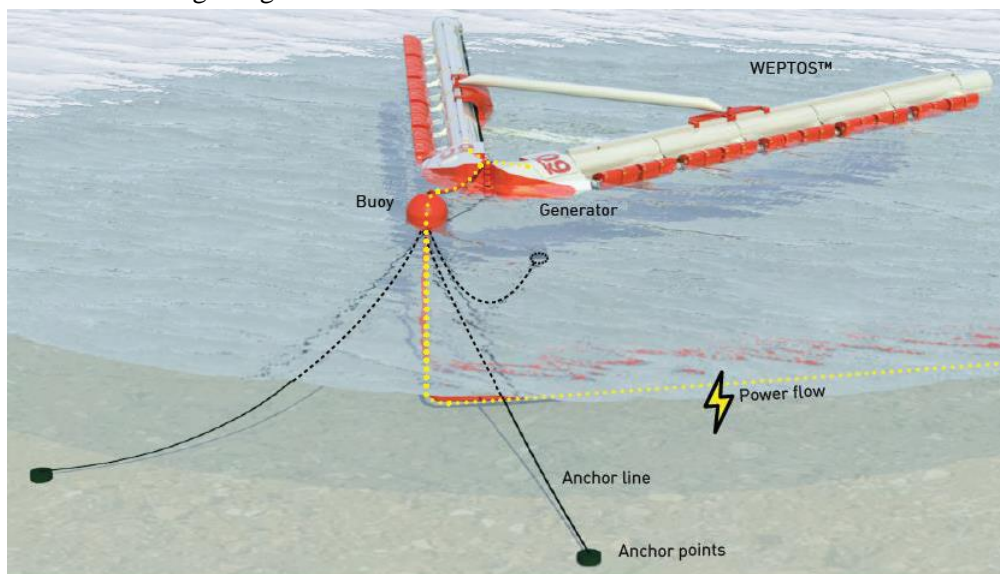
Het model dat als typevoorbeeld in het MER wordt gebruikt is de P60 met een afmeting van 60 m x 60 m en een individueel vermogen van 600 kW. In een basisveld van 750 x 450 m (basisconfiguratie en configuratie 2) kunnen 9 Poseidon P60 installaties geplaatst worden aangezien er rekening moet worden gehouden met de draaicirkel van de WEC (Figuur 1.19). De doorsnede van de draaicirkel bedraagt 150 m. Per basisveld kan aldus een nominaal vermogen van 5,4 MW geïnstalleerd worden.



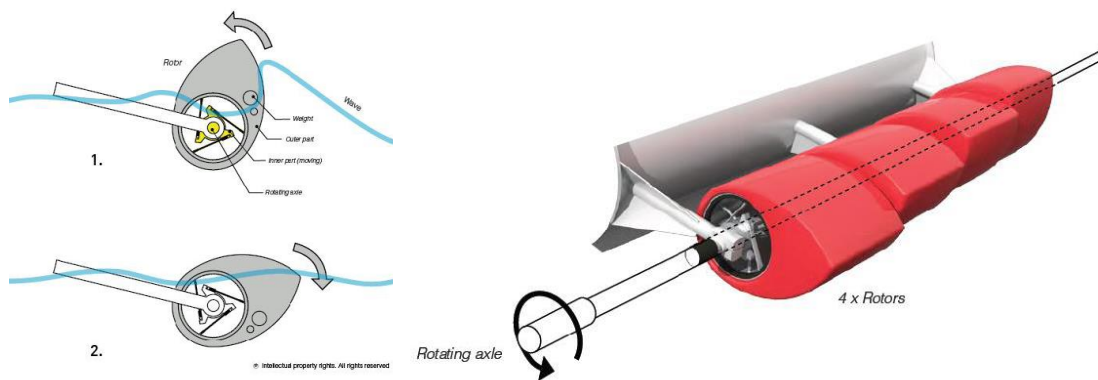
Figuur 1.19. Inplanting en de bekabeling in het basisveld (750 m x 450 m, minimale buffer 75 m) voor de Poseidon P60

### 3) Weptos

De Weptos bestaat uit kleine vlotters (zogenaamde “Salters Duck”-technologie) die gemonteerd zijn op een drijvend V-vormig platform (Figuur 1.20). De technologie van Weptos laat toe om zowel energie uit kleine als uit grote golven te onttrekken.

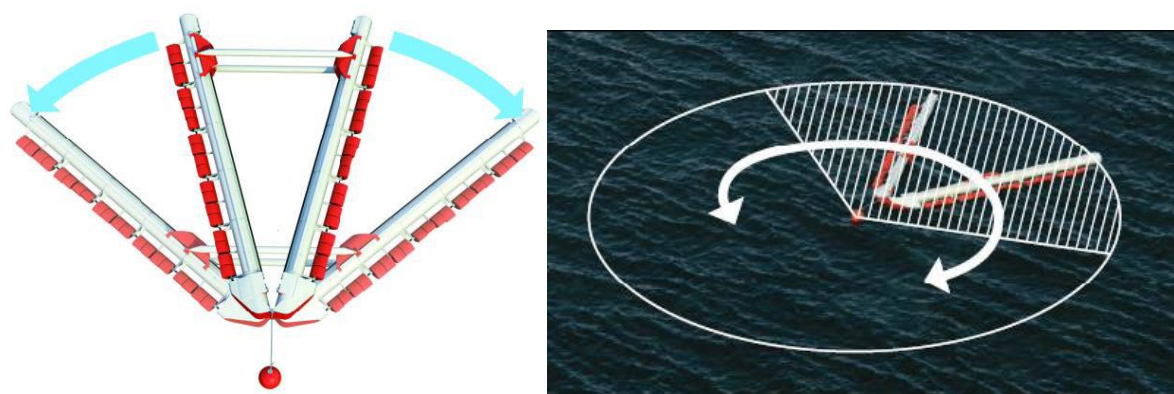


Figuur 1.20 Ontwerp van de Weptos golfenergieconvector (bron: [www.weptos.com](http://www.weptos.com))



Figuur 1.21. Het werkingsmechanisme van de vlotters van de Weptos (bron: [www.weptos.com](http://www.weptos.com))

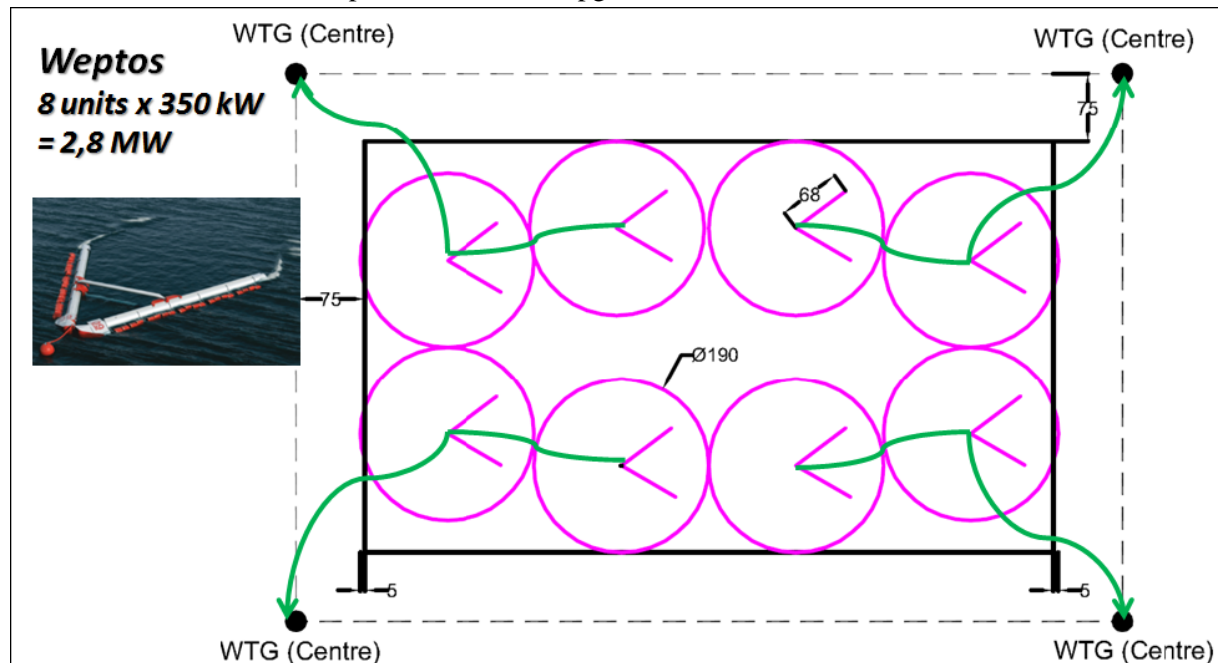
Afhankelijk van de weersomstandigheden kan de hoek van de V-vorm aangepast worden tussen  $30^\circ$  en  $120^\circ$  (Figuur 1.22). Wanneer de zee kalm is, zijn de golven klein en bevatten ze weinig energie. In deze omstandigheden wordt de hoek van de Weptos vergroot waardoor er over een grotere breedte energie wordt onttrokken aan de golven. Omgekeerd zal een kleinere hoek interessant zijn in een ruwe zee, aangezien een beperkte breedte een optimalere energie-extractie uit de golven toelaat en vermijdt dat golven de capaciteit van de generator overtreffen. Bovendien is de Weptos zo beter beschermd tegen stormcondities. De aanpassing van de hoek van de Weptos aan de golfcondities gebeurt automatisch en doordat het platform drijvend is, zal het zich vanzelf optimaal positioneren ten opzichte van de golfrichting (Figuur 1.22). Een nadeel is dat hierdoor rekening moet gehouden worden met de zwaaizone waardoor de verschillende WEC's op een grotere afstand uit elkaar moeten worden geplaatst. De verankering aan de bodem gebeurt via 3 verankeringspunten die geplaatst zijn in de vorm van een driehoek zodat de centrale boei op dezelfde plaats wordt gehouden. De energie wordt opgewekt in 2 generatoren en getransporteerd via een kabel langs de boei en de zeebodem naar een transformatorstation.



Figuur 1.22. De Weptos kan aangepast worden aan de weersomstandigheden, zowel in de breedte (links) als aan de richting van de golven (rechts) (bron: [www.weptos.com](http://www.weptos.com))

Momenteel wordt de Weptos uitgetest op een kleine schaal in een beschermd milieu. Applicaties in open zee zijn echter nog niet uitgevoerd. Voor de bespreking van de effecten wordt in dit MER uitgegaan van een typevoorbeeld waarvan de lengte van de 2 'armen' ca. 70 m bedraagt. De grote

zwaaizone van de Weptos (diameter 190 m) zorgt ervoor dat er slechts 8 units van 350 kW per basisveld van 750 x 450 m kunnen worden geplaatst. Hierdoor is het totaal geïnstalleerd vermogen per basisveld slechts 2,8 MW in plaats van de vooropgestelde 5 MW.

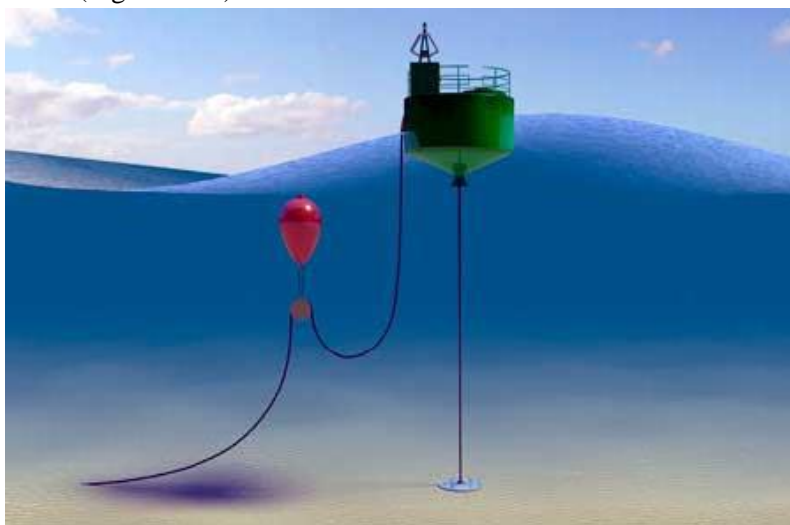


Figuur 1.23. Inplanting en de bekabeling (groen) in het basisveld (750 m x 450 m, minimalebuffer 75 m) voor de Weptos

#### Single point absorbers

##### 4) FlanSea Wave Pioneer

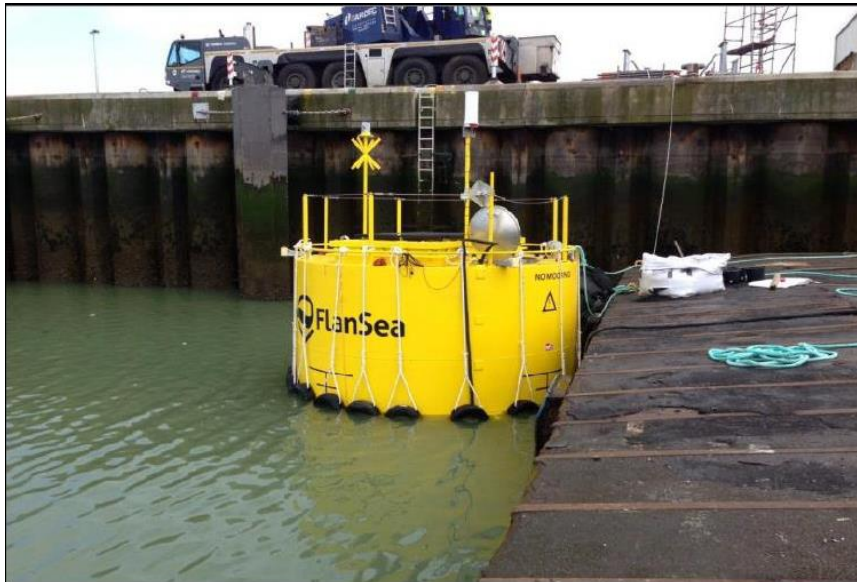
FlanSea is een Vlaams samenwerkingsverband tussen UGent, het Havenbedrijf van Oostende en 5 andere Vlaamse bedrijven. Samen ontwikkelen ze de Wave Pioneer. Een drijflichaam bevestigd via 3 verankeringslijnen aan de zeebodem volgt de beweging van de golf en zet hierbij de lineaire op- en neergaande beweging om in een roterende beweging van een lier. Gekoppeld aan twee motoren, opgesteld in de boei en eveneens de taak van generator op zich nemend, wordt de mechanische energie omgezet in elektriciteit (Figuur 1.24).



Figuur 1.24. Concept van de WEC ontwikkeld door FlanSea (bron: [www.flansea.eu](http://www.flansea.eu))

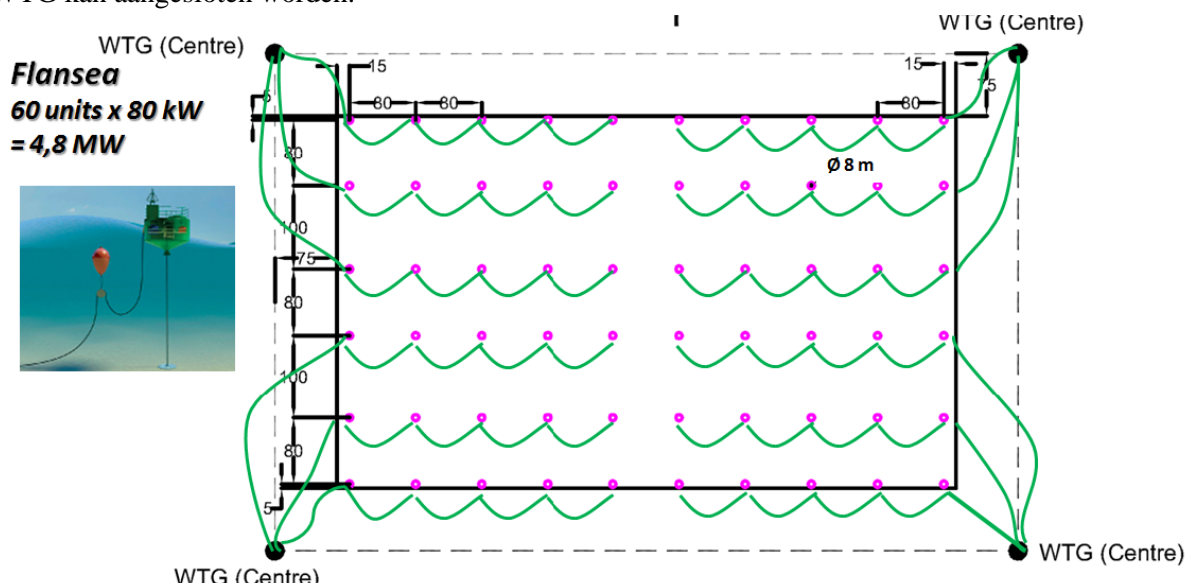


In 2013 werd een testapparaat (schaal 1:2) op circa 1 km voor de kust van Oostende geïnstalleerd zodat het uitvoerig getest kon worden met het oog op de verdere ontwikkeling ervan. Het huidige pilootproject heeft een diameter van 4,4 m, weegt 25 ton en is verankerd met een gravitair anker (36 ton), gemaakt uit staalplaten en –profielen (Figuur 1.25).



Figuur 1.25. Testapparaat van FlanSea op schaal 1:2 (bron: [www.flansea.eu](http://www.flansea.eu))

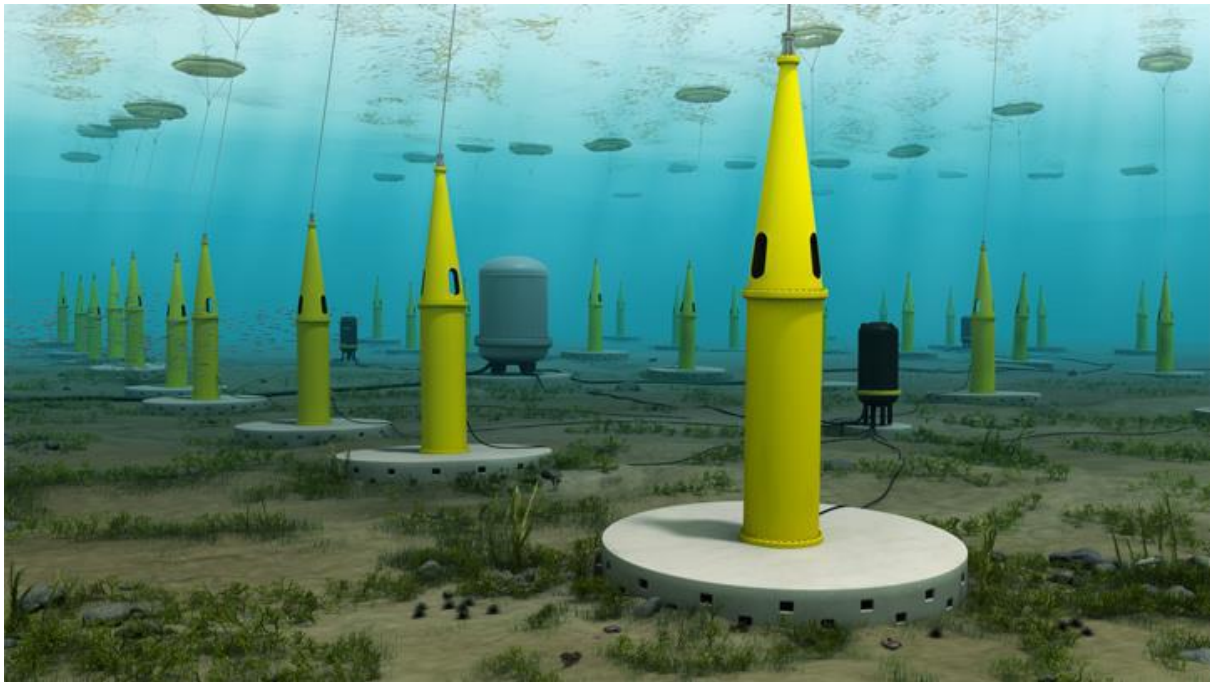
In het MER beschouwde typevoorbeeld wordt uitgegaan van een Wave Pioneer met een doorsnede van 8 m en een individueel vermogen van 80 kW. De minimum afstand tussen de units bedraagt minstens 80 m, rekening houdend met enerzijds een 10 m drift afstand van een enkele Wave Pioneer en anderzijds een minimale tussenafstand van ongeveer 10 x boeidiameter om onderlinge (golf)interactie te vermijden. Indien er in het basisveld van 750 x 450 m 60 units worden geplaatst levert dit een totaal geïnstalleerd vermogen van 4,8 MW (Figuur 1.26.). Voor de bekabeling kunnen telkens een 5-tal units in 1 lijnstreng met elkaar verbonden worden die vervolgens op een nabijgelegen WTG kan aangesloten worden.



Figuur 1.26. Inplanting en de bekabeling (groen) in het basisveld (750 m x 450 m, minimale buffer 75 m) voor de FlanSea

### 5) Seabased

Het Zweedse Seabased bestaat uit een generator die op de zeebodem is bevestigd via een gravity based fundering, en verbonden is met een boei aan het wateroppervlak die op en neer beweegt met de golven (Figuur 1.27.). De generator is gemonteerd in een vaste, verticale schacht op de funderingsplaat. De verschillende generatoren zijn verbonden met een elektrisch knooppunt onder water. Doordat de generatoren op de zeebodem zijn geplaatst, zijn ze beter beschermd tegen extreme weersomstandigheden dan aan het wateroppervlak.

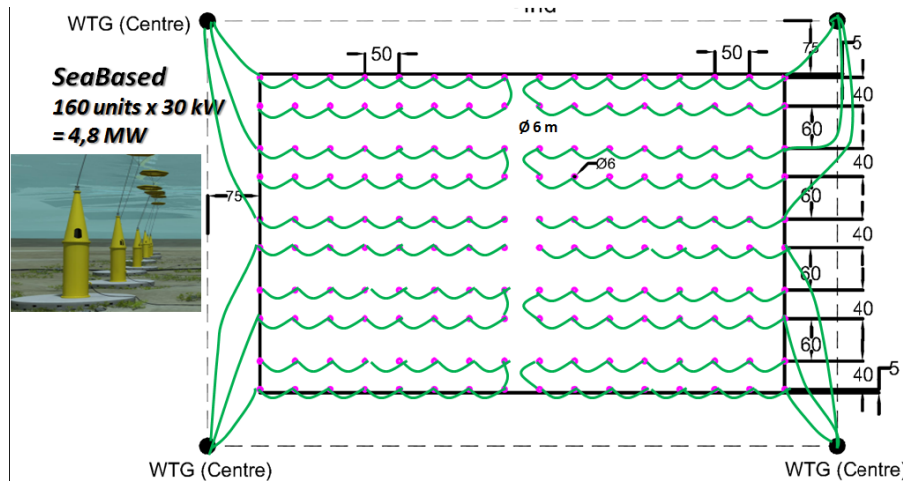


Figuur 1.27. Ontwerp van de Seabased WEC's (bron: Seabased.com)

Het ontwerp en de dimensies van de gravitaire fundering hangen af van het lokale golfklimaat en de zeebodem. Wegens de beperkte diameter (6-8 m) van de basis betonplaat zal het uitgraven van een funderingsput of het nivelleren van de bodem niet noodzakelijk zijn. De funderingen kunnen geplaatst worden op een ondergrond die maximaal een lokale helling heeft van 15%. Wegens de beperkte omvang van de behuizing (ca. 1,5 m diameter) en de bodemplaat zal de invloed van een individuele unit op de hydrodynamica en de vorming van een erosieput beperkt zijn. Er wordt daarom geen erosiebescherming voorzien rond de betonnen basisplaat.

De lay-out van de verschillende WEC's kan aangepast worden aan de lokale omstandigheden. Meestal worden ze in lijnen opgesteld op 20 m van elkaar, dwars op de overheersende golfrichting. De afstand tussen de lijnen bedraagt ca. 50 m, waardoor er op 1 km<sup>2</sup> tot 1.000 WEC's geplaatst kunnen worden. De individuele WEC's kunnen afgesloten worden van het grid en vervangen worden zonder dat dit een effect heeft op de rest van het park. Momenteel hebben de Seabased generatoren een individuele capaciteit van 20 tot 200 kW en hebben de boeien een diameter van 4 m. Het operationele geluid van de transformator is een zoemend geluid met een frequentie van ca. 50 Hz en komt volgens de producent waarschijnlijk niet uit boven het achtergrondgeluid (Seabased.com). De WEC's zijn de voorbije jaren getest voor de kust van Zweden.

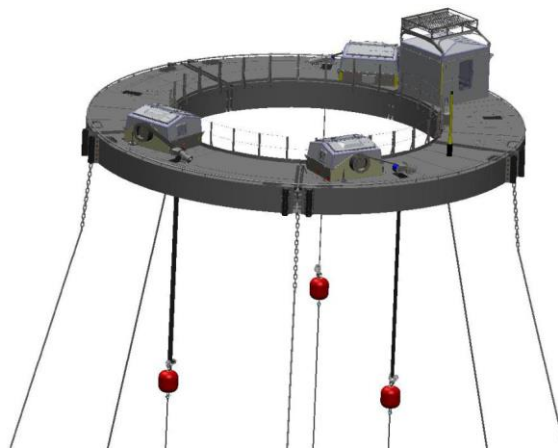
Voor het typevoorbeeld dat gebruikt wordt in dit MER wordt uitgegaan van een Seabased met een betonnen bodemplaat met doorsnede van 6 m en een individueel vermogen van 30 kW. De 160 units zullen in het basisveld in rijen op een afstand van 50 m van elkaar worden geplaatst (Figuur 1.28). De afstand tussen de rijen bedraagt 40 of 60 m. In 1 lijnstreng worden 16 units met elkaar verbonden en vervolgens aangesloten op een WTG.



Figuur 1.28. Inplanting en de bekabeling (groen) het basisveld (750 m x 450 m, minimale buffer 75 m) voor de Seabased

## 6) Lifesaver

De Lifesaver is een groter type single point absorber: hij bevat niet 1 kabel, zoals de FlanSea en de Seabased, maar 5 kabels met 'power take-off units (PTO)', die de bewegingen van de grote ringvormige boei omzetten in elektriciteit (Figuur 1.29). De diameter van de cirkelvormige torus bedraagt 10 m aan de binnenzijde en 16 m aan de buitenzijde. De Lifesaver is verankerd aan de zeebodem met 5 ankerlijnen.

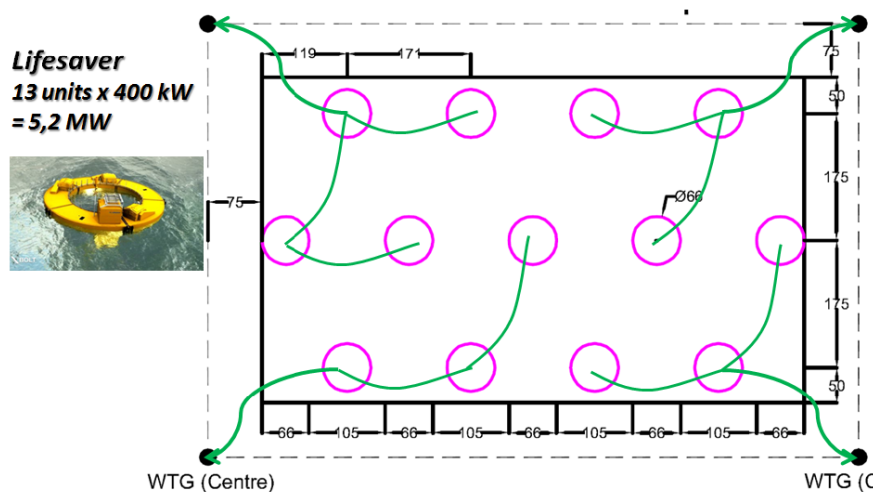


Figuur 1.29. Testontwerp van de Lifesaver met 3 PTO's (bron: [www.boltwavepower.com](http://www.boltwavepower.com))

In 2012 werd een Lifesaver geïnstalleerd voor de kust van Engeland voor een testfase. Wanneer de Lifesaver klaar is voor commercieel gebruik is vandaag nog niet gekend. Er is slechts 1

scheepsbeweging nodig om de Lifesaver te installeren aangezien de WEC en zijn verankering met een sleepboot kan vervoerd worden op zee.

Als typevoorbeeld voor het MER wordt uitgegaan van een model met een doorsnede van 16 m en 5 PTO's. Het individueel vermogen van deze Lifesaver bedraagt 400 kW. 13 units geplaatst in een basisveld van 750 x 450 m levert een geïnstalleerd vermogen van 5,2 MW (Figuur 1.30). De drift cirkel van een unit bedraagt 66 m.



Figuur 1.30. Inplanting en de bekabeling (groen) in het basisveld (750 m x 450 m, minimalebuffer 75 m) voor de Lifesaver

## 1.2.4 Kabels WEC's

De elektrische aansluiting van de WEC-installatie gebeurt ofwel op de schakelapparatuur van een windturbine, ofwel rechtstreeks op het OHVS indien de WEC velden in de directe omgeving liggen. De elektrische aansluiting zal gebeuren aan de hand van gebruikelijke infield kabels (in geval van WEC toestellen op basis van een rigide structuur), dan wel aan de hand van dynamische, flexibele elektrische kabels die vanaf de drijvende structuur neerwaarts worden opgehangen. In de waterkolom zal mogelijk gebruik gemaakt worden van een onderzeese, verankerde boei die als ondersteuning van de dynamische kabel wordt gebruikt, teneinde het verticale gewicht van de kabel te beheersen en de systematische bewegingen van de kabel te beperken. Bij de inplanting wordt getracht om de overlap met de parkkabels tot een minimum te beperken.



## 2. Statuut en structuur van de aanvrager

### *2.1 Naam en vennootschapsvorm*

De aanvrager is de tijdelijke handelvennootschap MERMAID, handelend in naam en voor rekening van de projectvennootschap nv MERMAID, in oprichting.

THV MERMAID werd opgericht door:

- De Naamloze Vennootschap Otary RS, met zetel te 8400 Oostende, Slijkensesteenweg 2
- De Naamloze Vennootschap Electrabel met zetel te 1000 Brussel, Regentlaan 8

### *2.2 Maatschappelijke Zetel*

De maatschappelijke zetel van de vennootschap bevindt zich te 8400 Oostende, Slijkensesteenweg 2.



### 3. Methodologie

Na ontvangst van het milieueffectenrapport van het project onderzoeken de verschillende experts van de BMM de onderwerpen met betrekking tot hun expertise. Hierbij wordt gelet op de vermelde gegevens en referenties. Indien nodig worden bijkomende gegevens gevraagd, worden bijkomende studies uitgevoerd en wordt bijkomende literatuur geconsulteerd om alle relevante aspecten van de verwachte milieu-impact te onderzoeken en evalueren. Voor de disciplines die dit vereisen, worden modellen gebruikt om bepaalde voorspellingen te kunnen doen.

Al deze informatie wordt door de experts verwerkt om tot een gefundeerde beoordeling te komen van het project voor wat betreft zijn discipline. De beoordeling houdt ook rekening met het cumulatief aanwezig zijn van andere activiteiten in de zone.

Op basis van zijn beoordeling bepaalt de expert of het project aanvaardbaar is voor zijn discipline. Zo niet meldt hij de eventuele milderende maatregelen die kunnen genomen worden om de activiteit aanvaardbaar te maken. Indien besloten wordt dat de activiteit aanvaardbaar is, gaat de expert na of er aanbevelingen kunnen gedaan worden of bepaalde voorwaarden dienen opgelegd te worden voor het uitvoeren van de activiteit. De expert stelt indien nodig ook het monitoringsplan op voor de discipline van zijn expertise.

Op basis van de beoordelingen van alle experts wordt een algemeen besluit genomen over de aanvaardbaarheid van het project in zijn geheel (over alle disciplines). Eventuele mitigerende maatregelen worden voorgesteld. De aanbevelingen en voorstellen voor voorwaarden waaraan moet voldaan worden door de vergunninghouder, het cumulatieve aspect en de monitoring worden eveneens voor het geheel van het project onderzocht. De voorwaarden en aanbevelingen worden per discipline voorgesteld in de desbetreffende hoofdstukken. Indien bij de monitoring van de activiteit een significant negatieve impact vastgesteld wordt op het mariene milieu, kunnen bijkomende mitigerende maatregelen gesteld worden door de Minister.

De milieueffectenbeoordeling wordt als document bij het advies gevoegd dat de BMM aan de Minister bevoegd voor het mariene milieu verstrekt. De Minister zal, mede op basis van dit advies, de vergunning al dan niet toekennen.

Voor het goede verloop van de activiteiten en om de hoogst mogelijke graad van milieubescherming te verzekeren, is het van belang dat al de windparken in de bij KB van 16 mei 2004 afgebakende zone onderworpen worden aan dezelfde regels. In het bijzonder is het van belang dat de monitoring van het milieu en de controle van de activiteit gecoördineerd en optimaal kunnen gebeuren. Hiertoe dienen, *mutatis mutandis*, de algemene, niet project- of sitespecifieke bepalingen van de machtigingen en vergunningen dezelfde te zijn voor alle parken. Bijgevolg is de BMM van oordeel dat de algemene bepalingen van de vergunningen van C-Power, Belwind, Northwind, Norther, Rentel en Seastar de artikelen van de besluiten en de niet-specifieke gebruiksvoorwaarden - opgenomen moeten worden, in voorkomend geval, in de aan Mermaid te verlenen machtiging/vergunning.

De uitgevoerde milieueffectenbeoordeling focust op de voorziene activiteit in het betrokken concessiegebied en langsheen het voorgestelde kabeltraject en op de meest recente elementen in kennis over de effecten op het milieu in de verschillende disciplines. De in het verleden gemaakte beoordelingen, voorwaarden, aanbevelingen en monitoringsprogramma's worden getoetst aan de nieuwe beschikbare informatie en waar nodig geactualiseerd. Er wordt tevens rekening gehouden met

mogelijke cumulatieve effecten.

Eventuele standpunten, opmerkingen en bezwaren ontvangen tijdens de consultatieprocedure worden in een apart document besproken. Indien relevant worden ze meegenomen in deze milieueffectenbeoordeling.

## 4. Juridische achtergrond

Voor een volledig overzicht van de van toepassing zijnde nationale en internationale wetgeving wordt verwezen naar het MER (IMDC, 2014a). Enkel de recentste nationale en internationale wetgeving die van specifiek belang is voor deze MEB wordt hier ter verduidelijking meegegeven.

### 4.1 Wetgeving Natuur en Marien Milieu

#### 4.1.1 Wet ter bescherming van het mariene milieu (MMM wet)

De wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België (hierna “MMM wet”) stelt dat bepaalde activiteiten aan een door de Minister afgeleverde vergunning onderworpen worden. Aan deze vergunningsplichtige activiteiten wordt tevens een verplichting tot milieueffectenbeoordeling gekoppeld. Deze wet werd gewijzigd door de wet van 17 september 2005, de wet van 21 april 2007 en de wet van 20 juli 2012.

Artikel 4 van deze wet zegt dat de gebruikers van de zeegebieden en de overheid bij het uitvoeren van hun activiteiten in de zeegebieden rekening zullen houden met het beginsel van preventief handelen, het voorzorgsbeginsel, het beginsel van duurzaam beheer, het beginsel dat de vervuiler betaalt en het herstelbeginsel.

- **Het beginsel van preventief handelen** impliceert dat moet worden opgetreden om milieuschade te voorkomen, veeleer dan de schade achteraf te moeten herstellen.
- **Het voorzorgsbeginsel** betekent dat preventieve maatregelen moeten worden getroffen, indien er redelijke gronden tot bezorgdheid bestaan voor verontreiniging van de zeegebieden, zelfs in de gevallen dat er geen overtuigend bewijs is van een oorzakelijk verband tussen het inbrengen van stoffen, energie en materialen in de zeegebieden en de schadelijke gevolgen.
- **Het beginsel van duurzaam beheer** in de zeegebieden impliceert dat de natuurlijke rijkdommen in voldoende mate beschikbaar worden gehouden voor toekomstige generaties en dat de effecten van het menselijk handelen de draagkracht van het milieu in de zeegebieden niet overschrijdt. Hiertoe zullen de ecosystemen en de ecologische processen noodzakelijk voor het goed functioneren van het mariene milieu worden beschermd, de biologische diversiteit ervan worden behouden en het natuurbehoud worden gestimuleerd.
- **Het beginsel dat de vervuiler betaalt** betekent dat de kosten voor maatregelen ter voorkoming, vermindering en bestrijding van verontreiniging en voor het herstellen van schade voor rekening zijn van de vervuiler.
- **Het herstelbeginsel** impliceert dat bij schade of milieuverstoring in de zeegebieden het mariene milieu in de mate van het mogelijke wordt hersteld in zijn oorspronkelijke toestand.

De uitvoeringsbesluiten van de MMM wet worden uitgewerkt in het KB van 7 september 2003 houdende de procedure tot vergunning en machtiging van bepaalde activiteiten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België zoals gewijzigd bij KB van 26 december 2013 en het KB van 9 september 2003 met betrekking tot de regels betreffende de milieueffectenbeoordeling in toepassing van de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België zoals gewijzigd bij KB van 26 december 2013.

#### 4.1.2 Kaderrichtlijn mariene strategie (Marine Strategy Framework Directive, MSFD)

Alhoewel er in de Europese wetgeving reeds verschillende richtlijnen bestaan (EIA/SEA/Natura 2000/WFD/ICZM), bestaat er nog geen wetgeving die alle mariene waters beschermt. De Kaderrichtlijn mariene strategie (MSFD) bepaalt daarom het kader waarin EU lidstaten de nodige maatregelen moeten nemen om een goede milieutoestand (GES) te houden of te bereiken tegen ten laatste 2020. De richtlijn reikt de lidstaten een reeks milieukennmerken en antropogene drukken aan die objectief gemeten moeten worden. Dankzij die metingen kunnen er ‘kwaliteitsindicatoren’ voor het ecosysteem uitgewerkt worden. Die indicatoren zijn gebaseerd op een aantal parameters. Voor elke parameter bepalen de lidstaten streefwaarden die door de Europese Commissie worden goedgekeurd. Deze kaderrichtlijn werd omgezet in de Belgische wetgeving met het KB van 23 juni 2010 betreffende de mariene strategie voor de Belgische zeegebieden (BS van 13/07/2010). De richtlijn deelt het ecosysteem op in elf ‘beschrijvende elementen’ die onderling samenhangen. Voor elk van deze beschrijvende elementen (BE) werden specifieke doelstellingen voor een goede milieutoestand vastgelegd. Om de doelstelling te halen, werden evaluatiecriteria en bijhorende indicatoren vastgelegd (Belgische staat, 2012). Wanneer al deze doelstellingen worden gehaald, moet dat ervoor zorgen dat het hele ecosysteem optimaal functioneert.

Voor dit dossier zijn vooral de ‘beschrijvende elementen’ BE1, BE2, BE4, BE6, BE7, BE8 en BE11 met hun evaluatiecriteria van toepassing (de indicatoren kunnen teruggevonden worden in Belgische staat, 2012):

**BE1:** De biologische diversiteit wordt behouden. De kwaliteit en het voorkomen van habitats en de verspreiding en dichtheid van soorten zijn in overeenstemming met de heersende fysiografische, geografische en klimatologische omstandigheden.

**BE2:** Door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten komen voor op een niveau waarbij het ecosysteem niet verandert.

**BE4:** Alle elementen van de mariene voedselketens, voor zover deze bekend zijn, komen voor in normale dichtheden en diversiteit en op niveaus die de dichtheid van de soorten op lange termijn en het behoud van hun volledige voortplantingsvermogen garanderen.

**BE6:** Integriteit van de zeebodem is zodanig dat de structuur en de functies van de ecosystemen gewaarborgd zijn en dat met name bentische ecosystemen niet onevenredig worden aangetast.

**BE7:** Permanente wijziging van de hydrografische eigenschappen berokkent de mariene ecosystemen geen schade.

**BE8:** Concentraties van vervuilende stoffen zijn zodanig dat geen verontreinigingseffecten optreden.

**BE11:** De toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid, is op een niveau dat het mariene milieu geen schade berokkent.

Tegen juli 2012 werd van de lidstaten verwacht dat ze een beschrijving en beoordeling maakten van de huidige milieutoestand, met inbegrip van de milieu impact van menselijke activiteiten en een socio-economische analyse. Bovendien dienden zij ook de GES te bepalen die ze willen verwezenlijken en milieudoelen met de bijhorende indicatoren vast te leggen. Voor België wordt dit beschreven in Belgische Staat (2012). Het monitoringsprogramma dient voor de voortgaande beoordeling van de milieutoestand van de Belgische mariene wateren op basis van de in bijlage III van de richtlijn opgenomen indicatieve lijst van elementen en op basis van de in bijlage V opgenomen lijst, en in het licht van de in artikel 10 vastgestelde milieudoelen. Het Belgische

monitoringsprogramma werd op 26 september 2014 aan de Europese Commissie bezorgd en moet vanaf 1 januari 2015 operationeel zijn.

#### 4.1.3 Habitat –en Vogelrichtlijngebieden in België, Nederland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk

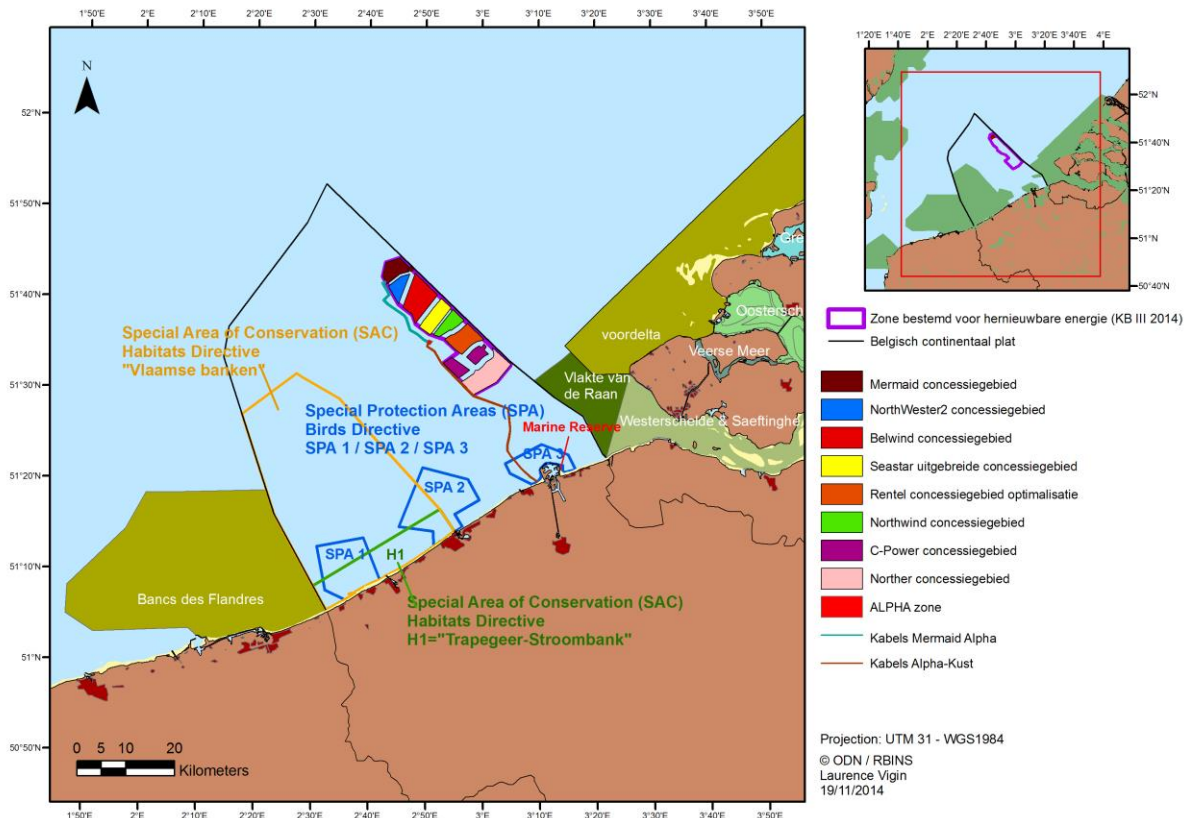
##### *België*

België voerde de Vogel- en Habitatrichtlijnen uit met het instellen van verschillende KB's. Een overzicht van deze KB's wordt beschreven in het MER. Als leidraad voor deze MEB wordt hierna een overzicht van de verschillende ingestelde zones gegeven.

- 3 zones aangeduid als speciale beschermingszones (KB van 14 oktober 2005):
  - **SPA1**: een zone rond de haven van Nieuwpoort;
  - **SPA2**: een zone rond de haven van Oostende;
  - **SPA3**: een zone rond de haven van Zeebrugge
- 1 zone aangeduid als speciale zone voor natuurbehoud (SBZ-H):
  - **SAC H1**: een zone genaamd “Trapegeer Stroombank”, zich uitstreckende van Oostende tot de grens met Frankrijk, van de laagwaterlijn tot drie mijl in zee (H1) werd bij KB van 14 oktober 2005 tot instelling van speciale beschermingszones en speciale zones voor natuurbehoud in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België, ingesteld. Het KB van 16 oktober 2012 wijzigt dit KB en officialiseert de uitbreiding van het Trapegeer-Stroombank habitatgebied tot “de Vlaamse Banken”. Het is een 1099,39 km<sup>2</sup> groot habitatrichtlijngebied en bevindt zich in het zuidwestelijke deel van de Belgische Noordzee. Het grenst aan het Franse vogel- en habitatrichtlijngebied “Bancs de Flandres” en strekt zich uit tot ongeveer 45 km in zee. Het omvat dus zowel een deel van de territoriale wateren als een deel van de EEZ. Het voormalige habitatrichtlijngebied “Trapegeer-Stroombank” maakt hier dus nu deel van uit.
  - voor de zone genaamd “Vlakte van de Raan”, op en rond de gelijknamige zandbank werd bij arrest nr. 179.254 van 1 februari 2008 door de Raad van State het artikel 8, 2°, van het KB van 14 oktober 2005, vernietigd (BS 25/04/2008). Het artikel 8, 2°, heeft betrekking op de aanduiding van de locatie van de Vlakte van de Raan”. Bijgevolg is de Vlakte van de Raan niet meer aangeduid als SBZ-H.
- 1 gericht marien reservaat aangeduid, met name een zone aansluitend aan het Vlaamse natuurreservaat “Baai van Heist” (KB van 5 maart 2006).

Een overzicht van deze zones wordt weergegeven in Figuur 4.1.

De door de nv Mermaid aangevraagde locatie voor het Alpha station ligt op minimum 23 km afstand van het Vlaamse Banken habitatgebied. Eén van de mogelijke kabeltracés (fall back scenario) doorkruist de speciale beschermingszone SPA3. Voor zover relevant, rekening houdend met de ruimtelijk beperkte aard van de meeste effecten, zal in deze MEB rekening gehouden worden met de bepalingen van de Habitatrichtlijn en de Vogelrichtlijn voor de beschermde gebieden in België.

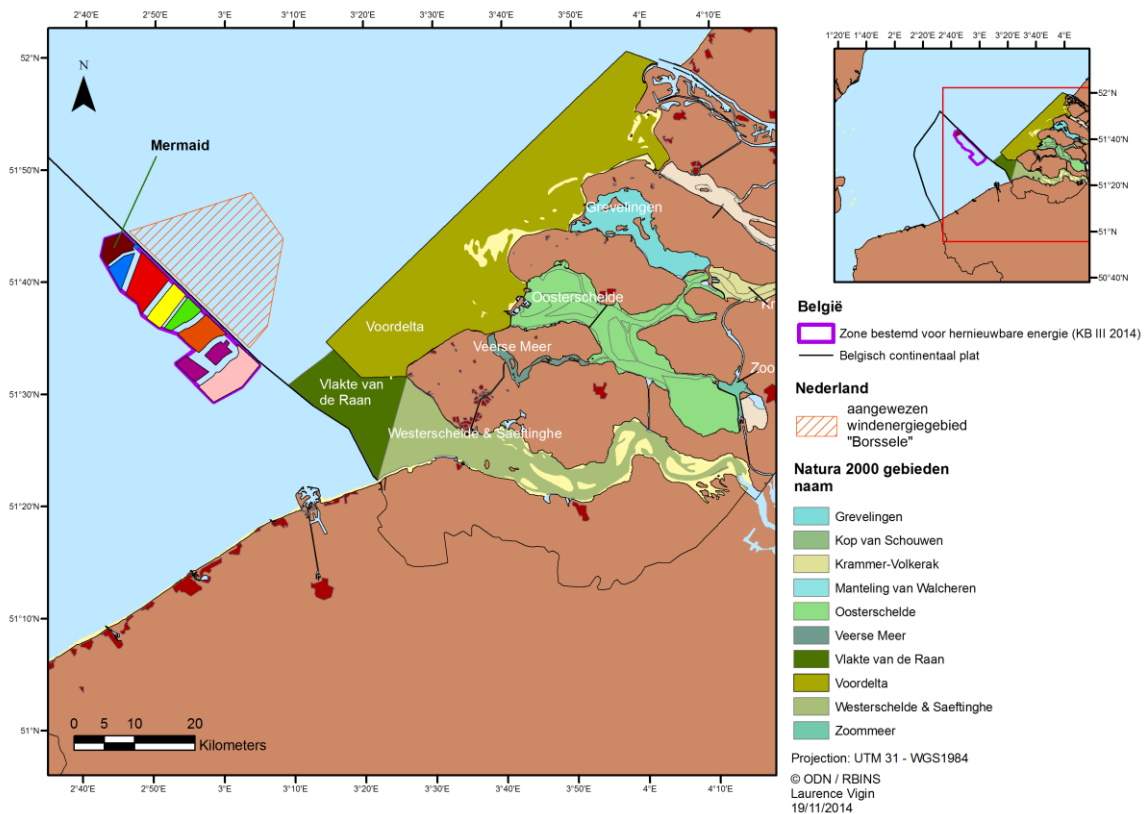


Figuur 4.1 Overzicht van de Belgische, Nederlandse en Franse beschermde gebieden in de omgeving van het Mermaid project.

### Nederland

De door de nv Mermaid aangevraagde locatie voor het energiepark ligt op een afstand van respectievelijk 34 en 35 km tot de Nederlandse Natura 2000 gebieden Vlakte van de Raan en Voordelta (zie Figuur 4.1), de kabeltracés liggen respectievelijk op minimaal 23 en 28 km van deze zones. De milieueffectenbeoordeling gekoppeld aan de bij de KB's van 2003 voorziene vergunningsprocedure voor mariene activiteiten houdt inspraakmogelijkheden in en wordt samen met de instandhoudingsdoelstellingen door de Federale overheid beschouwd als een passende beoordeling die tegemoet komt aan de vereisten van de Habitatrichtlijn, artikel 6. Een overzicht van de Nederlandse Natura 2000 zones die zich binnen de mogelijke beïnvloedingszone van het voorgestelde Mermaid energiepark bevinden wordt weergegeven in Figuur 4.1. De mogelijke effecten van het Mermaid energiepark op de Nederlandse Natura 2000 gebieden worden besproken doorheen de verschillende hoofdstukken van deze MEB.





Figuur 4.3 Overzicht van de Nederlandse beschermde gebieden binnen de mogelijke beïnvloedingszone van het Mermaid energiepark. Naast het Mermaid energiepark worden ook de zes andere Belgische concessies aangeduid, net als het Nederlandse windenergiegebied Borssele (gearceerd).

### Frankrijk

De door de nv Mermaid aangevraagde locatie voor het energiepark ligt op een afstand van 49 km tot het dichtstbijzijnde Franse Natura 2000 gebied Bancs des Flandres: ook de kabeltracés liggen op een afstand van minstens 45 km van dit Natura 2000 gebied. Dit gebied wordt gekenmerkt door ondiepe zandbanken en is vooral van belang voor gewone zeehond (*Phoca vitulina*), bruinvis (*Phocoena phocoena*) en grijze zeehond (*Halichoerus grypus*). De mogelijke effecten van het Mermaid energiepark op de soorten aanwezig in dit Franse Natura 2000 gebied worden besproken in Hoofdstuk 11 van deze MEB.

### Verenigd Koninkrijk

De door de nv Mermaid aangevraagde locatie voor het energiepark ligt op een afstand van 62 km tot het dichtstbijzijnde Engelse Natura 2000 gebied Outer Thames Estuary. Gezien de ruime afstand tot de Engelse Natura 2000 gebieden en de beperkte ruimtelijke omvang van de mogelijke effecten van het Mermaid energiepark (zie Hoofdstuk 5-17) worden de effecten van het Mermaid energiepark op de bestaande Engelse Natura 2000 verder niet in detail besproken in deze MEB.

## 4.1.4 Marien Ruimtelijk Plan

De wet van 20 juli 2012 wijzigt de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België. Concreet werden aan de wet de bepalingen

bijgevoegd die het mogelijk maken om een mariene ruimtelijke planning te kunnen invoeren in de Belgische zeegebieden. Het KB van 28/3/2014 tot vaststelling van het Marien Ruimtelijk Plan voorziet in een zone bestemd voor de toekenning van een domeinconcessie voor de bouw en exploitatie van een installatie voor het transport van elektriciteit, zoals bepaald in artikel 13 bis van de wet van 29 april 1999 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt. In deze zone zou het door de nv Mermaid aangevraagde energiepark worden aangelegd.

## *4.2 Wetgeving Energie en elektriciteit*

### 4.2.1 Windenergiezone

In overeenstemming met het internationaal zeerecht duidt het KB van 17 mei 2004 een zone in de Belgische zeegebieden aan voor de bouw en exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. Dit KB werd gewijzigd door het KB van 28/09/2008 en 3/02/2011. De eerste wijziging (2008) voorziet in een verschuiving van bevoegdheden voor het adviseren van de Minister van Economie en dit m.b.t. concessiedossiers. Waar die bevoegdheid tot nu toe lag bij de CREG (Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en het Gas), wordt dit door de wijziging gelegd bij de afgevaardigde van de Minister van Economie. Dit geldt voor alle toekomstige aan te wijzen concessies. De laatste wijziging (2011) heeft betrekking tot de aanpassing van de zone aan de meest noordelijke en zuidelijke zijde. De aanpassing werden ingegeven na overleg binnen de kustwachtpartners over de scheepvaart in de omgeving van de windenergiezone. Door deze aanpassing werd een veiliger scheepvaartverkeer beoogd.

### 4.2.2 Milieuvergunningen windparken en Belgian Offshore Grid

Bij Ministerieel besluit van 14 april 2004 werd aan de nv C-Power een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windpark van 60 windturbines, met een nominaal vermogen van 3,6 MW per windturbine, inclusief de kabels, voor de productie van elektriciteit uit wind op de Thorntonbank in de Belgische Zeegebieden. Dit besluit werd gewijzigd met de Ministeriële besluiten van 10 mei 2006, 25 april 2008 en 23 januari 2014. Naar alle vier besluiten samen wordt verwezen als “het MB CP” of “de vergunning C-Power”. Op datum van deze MEB (januari 2015) is het volledige park operationeel.

Bij Ministerieel besluit van 20 februari 2008 werd aan de nv Belwind een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windpark voor de productie van elektriciteit uit wind op de Bligh Bank in de Belgische Zeegebieden. Op datum van deze MEB (januari 2015) zijn de 55 windturbines van de eerste fase volledig operationeel.

Bij Ministerieel besluit van 19 november 2009 werd aan de nv Northwind (vroeger Eldepasco) een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windpark voor de productie van elektriciteit uit wind op de Lodewijkbank (vroeger Bank zonder Naam) in de Belgische Zeegebieden. Op datum van deze MEB (januari 2015) is het volledige park operationeel.

Bij Ministerieel besluit van 18 januari 2012 werd aan de nv Norther een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windpark voor de productie van elektriciteit uit wind ten zuidoosten van de Thorntonbank in de Belgische Zeegebieden. Op 18 september 2012 heeft Norther nv haar aanvraag voor een concessieuitbreiding ingetrokken. Bij Ministerieel besluit van 19 oktober 2012 werd het Ministerieel besluit van 18 januari 2012 gewijzigd aan de intrekking van de concessieuitbreiding. Op datum van deze MEB (januari 2015) zijn de werken op zee in voorbereiding

maar nog niet gestart.

Bij Ministerieel besluit van 8 februari 2013 werd aan de nv Rentel een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windpark voor de productie van elektriciteit uit wind ten noordwesten van de Thorntonbank in de Belgische Zeegebieden. Op datum van deze MEB (januari 2015) zijn de werken op zee in voorbereiding maar nog niet gestart. Op 8 juli 2013 heeft de nv Rentel een aanvraag ingediend voor het leggen en de exploitatie van de elektriciteitskabels van het Rentel offshore windpark waarvoor de vergunning verleend werd op 7 april 2014.

Bij Ministerieel besluit van 8 februari 2014 werd aan de nv Seastar een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windpark voor de productie van elektriciteit uit wind ten noordwesten van de Lodewijkbank in de Belgische Zeegebieden. Op datum van deze MEB (januari 2015) zijn de werken op zee in voorbereiding maar nog niet gestart.

Bij Ministerieel besluit van 7 juli 2014 werd aan de nv Elia Asset een machtiging voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van het Belgian Offshore Grid (BOG), alsook een machtiging tot geofysisch en technisch onderzoeken in de Belgische zeegebieden verleend.

#### 4.2.4 Domeinconcessies windparken

Bij Ministerieel besluit van 20 juli 2012 werd een domeinconcessie aan de tijdelijke handelsvennootschap Mermaid toegekend voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit wind in de zeegebieden gelegen ten noorden van de Bligh Bank.

Op 19 november 2013 heeft de tijdelijke handelsvennootschap Mermaid de BMM ingelicht over de plannen om het zuidelijke deel van haar concessie over te dragen aan de nv Northwester 2.

#### 4.2.5 Veiligheidszone

Het KB van 11 april 2012 (BS 1 juni 2012) tot instelling van een veiligheidszone rond de kunstmatige eilanden, installaties en inrichtingen voor de opwekking van energie uit het water, de stromen en de winden in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid stelt tijdens de exploitatiefase een veiligheidszone in van 500 m rondom kunstmatige eilanden, installaties of inrichtingen voor de opwekking van energie uit het water, de stromen en de winden, gemeten vanaf elk punt van de buitengrens ervan.

#### 4.2.6 Project Stevin

Het project Stevin voorziet in de versterking van het elektriciteitsnet tussen Zomergem en Zeebrugge en maakt het mogelijk om de windenergie van windparken op zee aan land te brengen en naar het binnenland te transporteren. Het project is tevens noodzakelijk om een verdere interconnectie van het Belgische net mogelijk te maken via een onderzeese verbinding naar het Verenigd Koninkrijk (Project Nemo Link). De start van de werken is gepland januari 2015.

### 4.3 Erfgoed

Het United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) Verdrag van 2 november 2001 ter bescherming van cultureel erfgoed onder water is in voege sinds 2 januari 2009 en werd op 5 augustus 2013 door België geratificeerd (BS 25/10/2013).

Overeenkomstig art.27 treedt het verdrag 3 maanden na de ratificatie in voege, zijnde 5 november 2013.

Voor het Belgisch deel van de Noordzee geeft de wrakkenwet van 4 april 2014 en het KB betreffende de bescherming van het cultureel erfgoed onder water van 25 april 2014 uitvoering aan de ratificatie van dit verdrag.

De wet van 4 april 2014 betreffende bescherming van het cultureel erfgoed onder water (BS 18 april 2014) beschermt het marien erfgoed in de exclusieve economische zone en het continentaal plat dat al meer dan 100 jaar onder water zit. Daarmee voldoet België al in grote mate aan het UNESCO verdrag van 2 november 2001. In de territoriale zee, waar België volledige soevereiniteit geniet, gaat de wrakkenwet nog een stap verder dan internationaal gevraagd. Daar wordt namelijk ook het erfgoed jonger dan 100 jaar beschermd. Dat idee werd ingegeven omdat heel wat schepen en duikboten zonken ten tijde van de Eerste Wereldoorlog. In totaal zijn tot nog toe een 300-tal wrakken geïnventariseerd waaronder een 10-tal Duitse duikboten uit de eerste wereldoorlog. Het KB betreffende de bescherming van het cultureel erfgoed onder water wijst de gouverneur van de provincie West-Vlaanderen aan als ontvanger van het cultureel erfgoed onder water.

#### *4.5 Besluit*

De aanvraag van de nv Mermaid wordt behandeld in het kader van een compleet en gepast federaal rechtsstelsel dat rekening houdt met de Europese regelgeving inzake natuurbehoud. De concessie ligt op een afstand van 34 km van het dichtste Nederlandse Natura 2000 gebied, op 46 km afstand van het dichtste Franse Natura 2000 gebied, op 62 km van het dichtste Engelse Natura 2000 gebied en op ~31 km van het dichtste Belgische SBZ-V gebied. De BMM concludeert dat er a-priori geen juridische (in de vorm van een bindend verhoogde milieubescherming) en geen beleidsmatige (in de vorm van een structuurplan of een visie van mariene ruimtelijke ordening) beperkingen zijn voor de installatie, exploitatie en ontmanteling van het energiepark en de nodige kabels op de gekozen locaties.

## 5. Klimaat en atmosfeer

- De effecten van het windpark Mermaid op het lokale windregime zijn significant, maar hoofdzakelijk beperkt tot het concessiegebied en de onmiddellijke omgeving ervan.
- De invloed van het voorgesteld windpark Mermaid op het globale klimaat is minimaal, maar de realisatie ervan zou een significante bijdrage leveren tot de reductiedoelstellingen van België in het kader van het Kyoto-protocol en de NEC-richtlijn.
- De voornaamste negatieve effecten op de atmosfeer situeren zich tijdens de constructie van de onderdelen (windturbines, kabels en WEC's) en de bouwfase.
- Doorgedreven hergebruik van grondstoffen tijdens de onmantelingsfase zorgt er voor dat windenergie een ecologische levenscyclus heeft in vergelijking met andere elektriciteit opwekkende technologieën.
- Globaal genomen kan men verwachten dat het project een algemeen gunstig effect zal hebben op de atmosfeer en de klimatologische factoren die relevant zijn voor deze milieueffecten-beoordeling.
- Ook de aanleg, exploitatie en ontmanteling van de kabels maakt deel uit van het project dat in totaal een significante bijdrage zal leveren tot de reductiedoelstellingen van België in het kader van het Kyoto-protocol en de NEC-richtlijn.
- De emissies die vrijkomen bij de bijkomende transportbewegingen tijdens aanleg, exploitatie en ontmanteling van de kabel zullen geen merkbare impact hebben op de lokale luchtkwaliteit.
- Het Mermaid project is voor wat betreft de effecten op klimaat en atmosfeer aanvaardbaar.
- Het effect op de atmosfeer is waarschijnlijk het minst gunstig indien gebruik gemaakt wordt van grote aantallen betonnen gravitaire funderingen en het meest gunstig met een maximaal geïnstalleerd vermogen op stalen jacket-funderingen (configuratie 3).
- De energierterugverdientijd en de reductie van emissies zal veel minder gunstig zijn voor WEC's dan voor windturbines.

### 5.1 Inleiding

De menselijke invloed op het wereldwijde klimaat is een feit en is het gevolg van de recente toename in uitstoot van broeikasgassen. De wereldwijde toename van de luchttemperatuur, alsook de opwarming van de oceanen, de wereldwijde afname van sneeuw en ijs en de stijging van het gemiddelde zeeniveau hebben een grote invloed op mens en natuur (IPCC, 2014). Tijdens de klimaatconferentie in Kyoto werd beslist om maatregelen te nemen om wereldwijd de emissie van broeikasgassen terug te dringen teneinde de effecten van antropogene klimaatsveranderingen te beperken. In navolging van dit protocol werd in december 2008 door het Europees Parlement het energie/klimaatpakket goedgekeurd waarbij de doelstelling voor België wordt opgetrokken naar 15% emissievermindering tegen 2020 en waarbij 13% van het finale energieverbruik van hernieuwbare energiebronnen afkomstig moet zijn.

Het Europese energiebeleid is gebaseerd op twee doelstellingen om de milieudruk te verminderen. Naast een reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot moet ook het aandeel energie geproduceerd uit hernieuwbare bronnen stijgen. In 2001 werd de Europese richtlijn 2001/77/EG betreffende de bevordering van elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare energiebronnen op de interne elektriciteitsmarkt uitgevaardigd. Deze richtlijn legt iedere lidstaat een indicatief streefcijfer op voor de bijdrage van hernieuwbare energiebronnen in de totale elektriciteitsconsumptie. Voor België was 6% het

streefcijfer dat in 2010 bereikt moest worden. Ondertussen heeft de EU zich geëngageerd om tegen 2020, 20 % van de elektriciteitsconsumptie op te wekken uit hernieuwbare energiebronnen (streefcijfer voor België: 13%). Uit het nationaal actieplan voor hernieuwbare energie blijkt echter dat hernieuwbare energiebronnen in 2013 slechts 9,8% van de totale elektriciteitsproductie uitmaken (Eurostat, 2013).

De totale uitstoot van broeikasgassen in België in het jaar 2012 (de laatste beschikbare gegevens) bedroeg 116,5 miljoen ton CO<sub>2</sub>-equivalenten (FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de voedselketen en leefmilieu) of een daling met ~20% in vergelijking met 1990. Bijkomende inspanning blijven echter noodzakelijk aangezien de EU aanstuurt om tegen 2030 de emissies met minstens 40 % te verminderen t.o.v. het niveau van 1990 en het aandeel van het finale energieverbruik dat tegen 2030 van hernieuwbare energiebronnen afkomstig moet zijn heeft opgetrokken naar 27% (European Commission, 2014). Ook de uitstoot van algemene luchtverontreinigende componenten CO, SO<sub>2</sub>, en PM<sub>10</sub> dient beperkt te worden, dit in het kader van de NEC-richtlijn (2001/81/EG)<sup>1</sup>.

Windenergie kan, indien op een verantwoorde manier wordt omgegaan met het ecosysteem, een duurzame, hernieuwbare energiebron zijn die op termijn de conventionele energiebronnen gedeeltelijk kan vervangen. Het koninklijk besluit van 17 mei 2004<sup>2</sup> voorziet een mariene zone in de EEZ van België in de Noordzee voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. Momenteel zijn er in België reeds drie offshore windparken die elektriciteit leveren aan het net (C-Power, Belwind en Northwind). Op 18 januari 2012, 8 februari 2013 en 7 februari 2014 ontvingen respectievelijk de nv Norther, de nv Rentel en de nv Seastar een machtiging voor de bouw en vergunning voor de exploitatie van een vierde, vijfde en zesde windpark.

Voorliggend project is het zevende windpark waar een machtiging en vergunning voor wordt aangevraagd. Het totale vermogen van dit park zal tussen de 224 MW (32 turbines van 7 MW) en 320 MW (64 turbines van 5 MW) bedragen. Dit resulteert in een netto elektriciteitsproductie van circa 900-1200 GWh/jaar. Dit komt overeen met 1,15-1,54% van de netto Belgische elektriciteitsproductie (78.036 GWh/jaar in 2013 - Eurostat, 2013) of 0,82-1,09% van het nationale streefcijfer voor elektriciteitsverbruik in 2020 (110.000 GWh/jaar – CONCERE-ENOVER, 2010). Het Mermaid windpark zou daarenboven voor minstens 8,6% bijdragen aan de Belgische windenergiedoelstelling voor het jaar 2020 (10,5 TWh/jaar; CONCERE-ENOVER, 2010).

In het Mermaid offshore energiepark wordt bovendien ook een pilootproject voor golfenergieconvertoren voorzien. Hoewel in het MER (IMDC, 2014a) scenario's besproken worden met tot 60 MW geïnstalleerd vermogen aan WEC's betreft de huidige aanvraag enkel een pilootproject rond golfenergieconvertoren waarbij, binnen één proefveld, één of meerdere WEC-systemen in de vrije zone tussen de windturbines worden geplaatst (~5 MW geïnstalleerd vermogen).

## 5.2 Te verwachten effecten van het windpark

Bij de bespreking van de te verwachten effecten van het Mermaid offshore windpark worden zowel de effecten op het lokale windklimaat door de aanwezigheid van het windpark als de effecten op het globale klimaat door de vermindering van de emissie van broeikasgassen besproken. Daarnaast kan men tijdens

<sup>1</sup> Europese Richtlijn inzake nationale emissieplafonds voor bepaalde luchtverontreinigende stoffen van 23 oktober 2001.

<sup>2</sup> Het koninklijk besluit van 17 mei 2004 tot wijziging van het koninklijk besluit van 20 december 2000 betreffende de voorwaarden en de procedure voor de toekenning van domeinconcessies voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden, in de zeegebieden waarin België rechtsmacht kan uitoefenen in overeenstemming met het internationale zeerecht.

de exploitatiefase een beperkte warmtedissipatie verwachten ter hoogte van de park- en verbindingsskabels. Dit effect wordt verder besproken onder het hoofdstuk 13 Elektromagnetische velden en warmtedissipatie.

### 5.2.1 Lokaal windklimaat

Op lokale schaal zal het windregime in de concessie beïnvloed worden door de aanwezigheid van de turbines. Enerzijds komt dit door het feit dat de turbines zelf een obstakel vormen voor de wind. Anderzijds gaan de windturbines energie onttrekken aan de wind, hetgeen een turbulente zogstroming met lagere windsnelheden veroorzaakt achter de rotor. Deze zogeffecten (parkeffect) zullen de lay-out van het park bepalen omdat de ontwikkelaar rekening moet houden met het productieverlies (lagere windsnelheden) en de vermoeidheidsbelasting van de turbines (turbulentie) (Mathys *et al.*, 2009). Nielsen (2003) berekende dat een optimale efficiëntie bekomen werd met een tussenafstand van 8 tot 9 rotordiameters (minimum afstand tussen twee rijen turbines volgens de dominante windrichting). De configuraties voorgesteld in het MER resulteren in een (globale) tussenafstand van 5,5 tot 8 rotordiameters in de overheersende windrichting (IMDC, 2014a). In het geval van een tussenafstand van 5 rotordiameters kan men een gemiddeld verlies van ca. 22% verwachten dat merkbaar blijft tot meer dan 3 km achter de turbine (Arcadis, 2011). Om het verlies in windsnelheid achter een windpark te beperken tot 0,5 m/s dient een tussenafstand van 10 tot 30 km in de overheersende windrichting (hier WZW) in acht genomen te worden tussen de parken (Brand, 2009).

Een tweede factor die het lokale windklimaat zal beïnvloeden, is de turbulentie veroorzaakt door de windturbines. De turbulentie intensiteit verhoogt in het zog van de windturbine (tot 20%, zie Barthelmie *et al.*, 2007) en het effect hiervan zal over een grotere afstand merkbaar zijn dan de windsnelheid. Naast een effect op het rendement van de turbines zal er ook een bijkomende stress zijn op het materiaal van de wieken.

### 5.2.2 Globaal klimaat en atmosfeer

De realisatie van het Mermaid windpark beoogt een positieve bijdrage te leveren aan de reductie van de uitstoot van CO<sub>2</sub> onder de vorm van ‘vermeden emissies’<sup>3</sup>. In de evaluatie van de effecten van dit offshore windturbinepark op het klimaat, werd er met behulp van een Life Cycle Analysis (LCA) een afweging gemaakt tussen de emissies geproduceerd tijdens de bouw van het park en van alle elementen die er deel van uitmaken en de vermeden emissies tijdens de exploitatiefase (IMDC, 2014b). Deze LCA werd uitgevoerd voor een 10 MW turbine op jacket of gravitaire fundering (GBF) in 40 m diep water en op 55 km van de kust en vormt een update van een eerdere LCA (IMDC, 2013). Op basis van deze LCA wordt in het MER aangetoond dat de realisatie van het Mermaid windpark aanleiding zou kunnen geven tot een reductie van emissies met 931.200 ton CO<sub>2</sub> per jaar, 120 ton SO<sub>2</sub> per jaar en 120 ton NO<sub>x</sub> per jaar (t.o.v. klassieke Belgische elektriciteitsproductie). Uit de LCA blijkt eveneens dat de energieconsumptie vereist voor de productie van een dergelijke turbine veruit het grootste deel uitmaakt van de totale energieconsumptie over de hele levenscyclus (~80%). Tijdens de productiefase werd de totale energieconsumptie geschat op ca. 16 GWh voor de productie van een 10 MW windturbine op een jacket fundering. Voor een 10 MW windturbine op een GBF is er meer energie nodig, namelijk ca. 18 GWh. Op basis van deze LCA kan men bovendien besluiten dat de totale energieconsumptie (20-22 GWh over de hele levenscyclus van de 10 MW turbine) terug

<sup>3</sup> De hoeveelheden CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> die minder uitgestoten worden omdat windenergie per GWh minder emissies van deze stoffen veroorzaakt dan de klassieke elektriciteitsproductie

verdiend wordt in het eerste jaar van operatie (energieterugverdientijd van ~7 maanden). Deze resultaten dienen echter genuanceerd te worden aangezien er in deze berekening geen rekening gehouden werd met de energieconsumptie en CO<sub>2</sub> uitstoot van het transformatorplatform en de park-, verbindings- en exportkabels (productie, installatie, onderhoud- en ontmanteling).

Tabel 5.1. Energieconsumptie (in GWh) per 10 MW windturbine over de loop van de hele levenscyclus (op basis van IMDC, 2014b)

	<b>GBF</b>	<b>Jacket</b>
Productiefase	18,36	16,09
Transportfase	0,22	0,20
Installatiefase	0,65	0,58
Exploitatiefase - onderhoud	3,30	3,30
Ontmantelingsfase	0,00	0,00
<b>Totaal</b>	<b>22,53</b>	<b>20,17</b>

### *5.3 Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject*

Naast een LCA voor de windturbines en bekabeling werd er ook een LCA opgesteld voor één van de geselecteerde types WEC's: de Poseidon P60, waarvan er 9 in een basisveld in de basisconfiguratie passen (IMDC, 2014c). Op basis van deze LCA werd een energierugverdientijd van 10 jaar bekomen wat overeen komt met een eerdere LCA uitgevoerd door Dahlsten (2009) waarbij (hypothetisch) Seabased units voor de kust van Zweden werden geplaatst. Op basis van deze LCA wordt in het MER aangetoond dat de realisatie van een pilootproject met 9 P60 WEC's aanleiding zou kunnen geven tot een reductie van emissies met 8.600 ton CO<sub>2</sub> per jaar (t.o.v. klassieke Belgische elektriciteitsproductie of 3.100 ton CO<sub>2</sub> per jaar t.o.v. een mix van klassieke en nucleaire elektriciteitsproductie). Het valt op dat zowel de energierugverdientijd als de reductie van emissies veel minder gunstig zijn voor WEC's dan voor windturbines. Dit vormt echter geen probleem aangezien dit een pilootproject betreft en de situering van de WEC's niet ten koste gaat van het geïnstalleerd vermogen aan windturbines. Er wordt ook verwacht dat de toekomstige WEC modellen een grotere energie- en materiaalefficiëntie zullen hebben.

### *5.4 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten*

#### **5.4.1 Cumulatieve effecten**

Er wordt een positief cumulatief effect verwacht op de atmosfeer van de verschillende reeds aanwezige of vergunde windparken in de zone voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. De realisatie van het Mermaid project (windpark + verbindingskabels) zal leiden tot het afremmen van de stijgende emissies van broeikasgassen en luchtverontreinigende componenten. Deze vermeden emissies van broeikasgassen en verontreinigende stoffen compenseren de extra emissies van broeikasgassen en verontreinigende stoffen die veroorzaakt worden door de schepen die moeten omvaren (zie Marin, 2014a).



### 5.4.2 Grensoverschrijdende effecten

Dit windpark zal slechts minimaal bijdragen tot het reduceren van de uitstoot van broeikasgassen op wereldschaal, maar zal wel een meetbare bijdrage leveren op Belgisch vlak.

## 5.5 *Besluit*

### 5.5.1 Aanvaardbaarheid

Het valt niet te verwachten dat de installatie, exploitatie en ontmanteling van het Mermaid windpark inclusief park-, verbindings- of exportkabels negatieve effecten zal hebben op enerzijds de lokale luchtkwaliteit of anderzijds het globale klimaat.

Indien de geproduceerde energie door het Mermaid windpark aanleiding zou geven tot een equivalente vermindering van geproduceerde energie d.m.v. klassieke thermische productie dan zou dit leiden tot een positief effect op de luchtkwaliteit. Het Mermaid project komt overeen met voor minstens 8,6% bijdragen aan de Belgische windenergiedoelstelling voor het jaar 2020.

Deze overwegingen maken het duidelijk dat het globale project een algemeen gunstig effect kan hebben op de atmosfeer en de klimatologische factoren die relevant zijn voor deze milieueffectenbeoordeling. Dit project draagt bij tot het realiseren van de vooropgestelde emissiereductiedoelstellingen en past binnen de nationale en Europese energiestrategie. Het project is bijgevolg aanvaardbaar voor wat betreft eventuele effecten op klimaat en atmosfeer en dit voor wat betreft alle mogelijke alternatieven opgenomen in de aanvraag.

### 5.5.2 Voorwaarden en aanbevelingen

De BMM heeft geen specifieke voorwaarden of aanbevelingen voor dit onderdeel.

## 5.6 *Monitoring windpark*

De BMM vraagt geen monitoring voor dit onderdeel.

## 5.7 *Evaluatie WEC pilootproject*

De vergunninghouder wordt gevraagd om na twee jaar exploitatie van de WEC's een update te maken van de LCA van het pilootproject. Dit om de leemte in de kennis met betrekking tot de werkelijke CO<sub>2</sub> uitstoot van de types WEC's gebruikt in het project in te vullen en om na te gaan in hoeverre de LCA (IMDC, 2014c) een correcte inschatting maakt van de impact van het pilootproject op de emissiebalans. Dit in het kader van een mogelijke latere aanvraag tot uitbreiding van het project voor golfenergieconvertoren tot 60 MW geïnstalleerd vermogen.

De doelstellingen en methodiek van de bovenstaande LCA moet voorafgaandelijk aan de BMM voorgelegd worden ter goedkeuring.

Van de studie zal een rapport worden opgesteld dat naast de doelstellingen en de methodiek de verwerkte gegevens voorstelt en bespreekt. Dit rapport wordt uiterlijk 2 maanden na het aflopen van jaar 2 van de operationele fase van het pilootproject bij de BMM ingediend en zal door de onderzoekers aan de medewerkers van de BMM op een vergadering voorgesteld worden. Met het rapport worden ook de data in elektronische vorm ter beschikking gesteld van de BMM. Van de

onderzoekers wordt een actieve deelname verwacht aan eventuele workshops over de monitoring van de energieparks op het BDNZ.

## 6. Hydrodynamica en sedimentologie

- Het MER voorziet in de mogelijke toepassing van vier funderingstypes en installatietechnieken, enerzijds monopiles of jacket funderingen, die of in de bodem worden geheid of worden geïnstalleerd met behulp van de suction bucket techniek, anderzijds gravitaire funderingen.
- De belangrijkste te verwachten effecten zijn de verhoging van de turbiditeit tijdens de werken, het optreden van erosie rond de palen en de kabels tijdens exploitatie en het mogelijke ontstaan van sedimentpluimen rond de turbines bij de exploitatie. Bij het gebruik van gravitaire funderingen zullen bovendien belangrijke bagger- en dumpingswerken plaats vinden.
- Uit ervaring met monopiles of jacketfunderingen, die worden geheid, blijkt dat wat hydrodynamica en sedimentologie betreft, de impact tijdens de installatie slechts tijdelijk en verwaarloosbaar is.
- Bij het gebruik van gravitaire funderingen, zeker op deze schaal, met 38 funderingen (in de basisconfiguratie), zal een belangrijke hoeveelheid materiaal uitgebaggerd worden bij de voorbereiding van de zeebodem, en tijdelijk terug in de concessiezone gestockeerd worden. Bovendien zal er bij de backfill en infill van de gravitaire funderingen meer materiaal moeten worden gebaggerd dan er in de concessiezone werd gestockeerd. Dit bijkomende nodige zand kan niet uit de concessiezone gewonnen worden, maar zal moeten worden gewonnen in de daarvoor voorziene zandextractiezones. De effecten, die deze baggerwerken zullen hebben op de turbiditeit, zijn onvoldoende gekend en daarom zal bij gebruik van gravitaire funderingen een monitoring van de mogelijke verhoging van de turbiditeit opgelegd worden.
- Het gebruik van de suction bucket techniek wordt in het MER kort beschreven, maar er is op het ogenblik nog zeer weinig beschikbare informatie over deze techniek. Het is duidelijk dat hier nog leemten zijn in de kennis. Er kan worden verwacht dat door het opzuigen van het zand/slib/klei tijdens de installatie een tijdelijk verhoogde turbiditeit zal worden gegenereerd, die een bijkomende monitoring vereist.
- Uit ervaring blijkt dat het vrijkomen van de kabels een reële mogelijkheid is. Dit werd ook waargenomen tijdens de monitoring van de exportkabels van het C-Power en het Belwind windpark. Het is duidelijk dat in bepaalde gebieden de zandduinen mobiel zijn en dat een migratie van deze zandduinen met een 10-tal meter per jaar tot de mogelijkheid behoort. Daarom is het nodig om de bedekking van de kabels op een regelmatige basis te controleren. Bovendien wordt aanbevolen om in gebieden met mobiele zandduinen de kabels niet 1 tot 2 m onder de zeebodem te leggen, maar 1 m onder de basis van de zandduinen te leggen, dit om het vrijkomen van de kabels te vermijden.
- Bij het toepassen van monopiles wordt verwacht dat in de helft van de gevallen statische erosiebescherming aangebracht, terwijl in de andere helft dynamische erosiebescherming zal worden toegepast. Ook in het geval van jacket funderingen wordt een dynamische erosiebescherming aangebracht. Rond de gravitaire funderingen wordt statische erosiebescherming voorzien. Het is duidelijk dat het mogelijke ontstaan van erosieputten moet gemonitord worden, zodat de stabiliteit van de funderingen nooit in gevaar kan komen.
- Recent onderzoek heeft aangetoond dat rond de funderingen van windturbines sedimentpluimen kunnen ontstaan. Zowel de oorzaak als de mogelijke effecten van deze sedimentpluimen zijn echter nog onvoldoende gekend. Er wordt dan ook een monitoring van deze sedimentpluimen voorzien om het voorkomen en de mogelijke impacten van deze pluimen te onderzoeken.
- In het MER wordt ook de installatie van Wave Energy Convertors (WEC) besproken. In de projectaanvraag wordt een pilootfase voorzien met de opstelling van verschillende (types)

toestellen in één basisveld (beschikbare ruimte tussen vier windturbines).

- Er wordt niet verwacht dat door de installatie van de windturbines en het pilootproject van de WEC's de stromingen en de bijhorende bodemspanningen in belangrijke mate zullen veranderen. De milieudoelen die België zich gesteld heeft in het kader van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (Belgische Staat, 2012a) worden dus niet in gevaar gebracht.
- Wat betreft de hydrodynamica, de sedimentdynamica en de morfologie worden er geen onaanvaardbare effecten verwacht voor het mariene milieu en kan dus worden gesteld dat het project aanvaardbaar is, voor alle configuraties en funderingstypes, mits inachtnaam van een aantal voorwaarden.

## 6.1 Inleiding

Het geplande project zal, afhankelijk van de uitvoering, bepaalde effecten hebben op de lokale sedimentologie. De te verwachten effecten van de installatie van de windturbines zijn afhankelijk van het type fundering en de configuratie die zal worden toegepast. Er moet hierbij worden opgemerkt dat er nog onzekerheid bestaat over de funderingen die zullen worden gebruikt. In het MER wordt melding gemaakt van de mogelijkheid van het gebruiken van monopiles, jacket funderingen of gravitaire funderingen. Ook de mogelijkheid om gebruik te maken van de suction bucket techniek voor de installatie van monopile en jacketfunderingen wordt opengelaten.

De belangrijkste te verwachten effecten zijn de verhoging van de turbiditeit tijdens de werken, het optreden van erosie rond de palen en het ontstaan van sedimentpluimen tijdens de exploitatiefase. Deze erosie zal worden tegengegaan door het aanbrengen van statische en/of dynamische erosiebescherming. Bovendien zullen bij het gebruik van gravitaire funderingen belangrijke bagger- en dumpingswerken plaats vinden. Ook de mogelijkheid van het vrijkomen van de kabels moet worden gecontroleerd.

Bovendien wordt in het MER de mogelijkheid vooropgesteld het Mermaid windpark te gebruiken voor een pilootfase voor het installeren van WEC's in de beschikbare ruimte tussen vier windturbines ("basisveld"). Verschillende types worden in het MER besproken. Wanneer de Wavestar zou worden gebruikt, zullen per WEC 4 monopiles, in diameter vergelijkbaar met jacketfunderingen, worden toegepast, waarbij normaal geen erosiebescherming wordt toegepast. Deze monopiles kunnen een verhoging van de turbiditeit met zich meebrengen. Voor de andere types WEC worden per WEC tot 5 (gravitaire) verankeringen toegepast. Ook hierbij zal geen erosiebescherming worden toegepast. Er wordt van uitgegaan dat er in de pilootfase maximaal in één basisveld WEC's zullen geïnstalleerd worden. Na evaluatie van de pilootfase is het de bedoeling dat er voor een totaal vermogen van ongeveer 20 MW WEC's zullen geïnstalleerd worden in 4 tot 8 dergelijke basisvelden. Het is duidelijk dat, afhankelijk van het type WEC er veel kabels zullen geïnstalleerd worden in de velden tussen de windturbines. Vooral voor de kleinere Flansea of SeaBased WEC's worden er respectievelijk, voor een vermogen van 20 MW, 300 tot 800 WEC's geïnstalleerd, die allen moeten verbonden worden met een windturbine of het OHVS.

Een monitoring wordt voorgesteld die moet verzekeren dat de verhoging van de turbiditeit aanvaardbaar blijft, dat geen erosieputten optreden die de stabiliteit van de windturbines of de WEC's in gevaar kan brengen, en dat de kabels voldoende bedekt blijven.

## 6.1.1 Beschrijving van de actuele situatie

### 6.1.1.1 Geologie, sedimenttransport en morfologische veranderingen

In het MER wordt de geologie in het projectgebied uitgebreid besproken. Het is belangrijk te benadrukken dat in het projectgebied het Quartair in het projectgebied zeer dun is en varieert van minder dan 2 m tot ongeveer 16 m. In het noordoosten van het gebied is het Quartair over het algemeen dikker dan in de rest van het gebied. Onder deze Quartaire zandlagen is het Tertair terug te vinden, met afwisselende kleilagen en zandhoudende kleilagen en mogelijk een grindlaag op de top van het Tertair. Aan het oppervlak komt vooral gemiddeld zand voor met een mediane diameter van 350-400  $\mu\text{m}$ .

In het gebied zijn grote tot heel grote zandduinen te vinden met een hoogte tussen 3 m en 6 m tot zelfs 10 m, waarbij de kamlijnen NW-ZO georiënteerd zijn. De duinen zijn vooral ebgedomineerd. In het meest noordoostelijke deel komen ook symmetrische en vloedgeoriënteerde duinen voor.

In bijlage bij het MER werd een rapport toegevoegd (IMDC, 2014a), waarin het sedimenttransport ter hoogte van het Mermaid projectgebied wordt beschreven voor een zomersituatie, zonder meteorologische invloeden, en voor een wintersituatie, waarbij de meteorologische invloeden en de golven in rekening gebracht worden, tijdens een 1-jarlijks terugkerend storm. Het model voorspelt eerder noordoostelijk, dus vloedgedomineerd, transport in het gehele gebied, in tegenstelling tot het sedimenttransport dat wordt afgeleid uit de asymmetrie van de zandduinen. Het sedimenttransport blijft vrij beperkt met een maximum van  $7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m/s}$  tijdens springtij en in wintercondities (storm). De veranderingen van het bodemniveau over een springtij-doodtij cyclus blijven beperkt tot 0,05 m.

### 6.1.1.2 Turbiditeit

Door het zandige karakter van de oppervlaktelaag en de ligging offshore, zal de turbiditeit ter hoogte van de concessiegebied lager zijn dan in het turbiditeitsmaximum voor de Belgische kust. In het MER wordt een gemiddelde waarde van 4 mg/l vermeld ter hoogte van de nabijgelegen Blighbank (ten zuiden). Van den Eynde *et al.*, 2013 meten een duidelijke seizoenale cyclus van de turbiditeit, waarbij het zwevende stofgehalte aan het wateroppervlak in de winter 3 tot 4 mg/l bedraagt.

## 6.1.2 Klimaatsveranderingen

Veranderingen in stromingskarakteristieken en morfologie op het BCP onder invloed van de klimaatsveranderingen kunnen de komende jaren een rol spelen. Vooral de verandering van het voorkomen en intensiteit van stormen kunnen van belang zijn. Recent onderzoek (Ullmann *et al.*, 2009; Van den Eynde *et al.*, 2012; Van den Eynde, 2011) lijkt er op te wijzen dat voor de Belgische kustzone geen stijging van het aantal stormen of van de stormintensiteit verwacht wordt. Er is echter nog steeds veel onduidelijkheid hier omtrent. Dit is dan ook het voorwerp van verder onderzoek.

## 6.2 Te verwachten effecten van het windpark

### 6.2.1 Inleiding

De te verwachten milieueffecten van een windpark worden voorgesteld in het MER en werden reeds uitvoerig besproken in de milieueffectenbeoordelingen (MEB), die door de BMM werden opgesteld voor het windpark op de Thorntonbank (BMM, 2004), voor de veranderingen aan het oorspronkelijke

MER voor hetzelfde windpark op de Thorntonbank (BMM, 2006), voor het windpark op de Blighbank (BMM, 2007), op de Lodewijkbank (BMM, 2009), ten zuiden van de Thorntonbank (Rumes *et al.*, 2011), tussen de Thorntonbank en de Lodewijkbank (Rumes *et al.*, 2012a) en tussen de Lodewijkbank en Blighbank (Rumes *et al.*, 2013d). Hier wordt vooral ingegaan op de specifieke informatie van het huidige project of op nieuwe recente informatie.

De belangrijkste te verwachten effecten zijn de verhoging van de turbiditeit tijdens de werken, het optreden van erosie rond de palen van de windturbines tijdens de exploitatiefase, het mogelijk ontstaan van sedimentpluimen rond de funderingen en het baggeren en dumpen van sedimenten, vooral bij de installatie van gravitaire funderingen. Tot slot is het ook mogelijk dat de kabels, door de migratie van zandduinen, vrij komen te liggen.

### 6.2.2 Funderingen

Er moet worden opgemerkt dat in het Mermaid project nog onzekerheid bestaat over de grootte van de te installeren windturbines, over het aantal windturbines en over het type fundering die zal worden gebruikt. In het MER wordt zowel het gebruik van monopiles, van jacketfunderingen, of van gravitaire funderingen besproken. Ook het gebruik van suction bucket techniek als alternatief voor het heien van de monopiles of jacketfunderingen wordt kort besproken, alhoewel het gebruik van deze techniek nog steeds in een experimentele fase is en er ook in het MER nog vele leemten in de kennis worden vermeld. De toepassing van de suction bucket techniek is daarom niet waarschijnlijk.

Bij het gebruik van monopiles wordt geschat dat er in de helft van de sites statische erosiebescherming zal worden toegepast, namelijk in de zones met grote zandduinen. Er zullen dan nivelleringswerken worden uitgevoerd waarbij een belangrijke hoeveelheid zand zal worden uitgegraven en zal moeten gestockeerd worden. Voor de monopiles wordt geschat dat per fundering ongeveer 19.000 m<sup>3</sup> worden uitgegraven. Dit zand zal gestockeerd worden in hopen tot een hoogte van 5 m. Wanneer er rekening wordt gehouden met een bagger- en stortverlies van 30 % (zie Van den Eynde *et al.*, 2010) komt dit voor basisconfiguratie, met 38 windturbines, erop neer dat er 266.000 m<sup>3</sup> zal moeten worden gestockeerd. Het is hierbij de bedoeling dat het zand en klei zo gestort wordt dat het op een natuurlijke wijze terug getransporteerd wordt naar de plaatsen waar het werd weggenomen. Hierbij kan uitgegaan worden van sedimenttransportmetingen of resultaten van het sedimenttransportmodel. Anderzijds kan worden aangenomen dat de stabiliteit van deze kunstmatige zand- en kleiophopen relatief groot is (BMM, 2006).

Wanneer er gravitaire funderingen zullen gebruikt worden, zal er per turbine ongeveer 90.000 m<sup>3</sup> zand worden uitgegraven, waarvan er een deel terug zal worden gebruikt, voor de backfill van de funderingsput en de infill in de gravitaire fundering. Voor de basisconfiguratie met 38 windturbines, betekent dit dat in het totaal 3.510.000 m<sup>3</sup> zand zal worden uitgegraven. Merk op dat dit de worst-case scenario is, aangezien in de configuratie 1, met 80 windturbines geen gravitaire funderingen worden beschouwd. Bovendien zal niet voor elke fundering een funderingsput van 7,5 m diep zal worden gegraven. Wanneer eerder het (hardere) Tertiair zal worden bereikt, kan de funderingsput minder diep worden uitgegraven. Toch is dit zeker een zeer aanzienlijk hoeveelheid zand die zal worden gebaggerd. Rekening houdende met het bagger- en stortverlies van ongeveer 30 tot 35 % (Van den Eynde *et al.*, 2010) zal er dus in dit geval 2.457.000 m<sup>3</sup> zand (en in mindere mate kleihoudende zand en klei) tijdelijk moeten gestockeerd worden. Als het zand in (een of meerdere) hopen van 5 meter hoog wordt gestockeerd, zijnde dezelfde grootteorde als de zandduinen die in het gebied optreden, zal er in het totaal bijna 500.000 m<sup>2</sup> (of 3,0 % van het uitgebreide concessiegebied) nodig zijn voor de stockage van het zand en klei.

Rekening houdende met de bagger- en stortverliezen, die aan de hand van de ervaring met gravitaire funderingen die werden geïnstalleerd in het C-Power windpark geschat worden op ongeveer 30 % (Van den Eynde *et al.*, 2010), wordt er in het MER gesteld dat er verwacht wordt dat er, in het geval gravitaire funderingen zullen worden gebruikt, ongeveer 1.014.000 m<sup>3</sup> extra zal moeten worden gewonnen om de benodigde 62.000 m<sup>3</sup> per fundering te bekomen voor de infill en de backfill (voor de worst-case configuratie van 39 funderingen). Dit is, in vergelijking met het volume van ~2-3 miljoen m<sup>3</sup> zand dat jaarlijks voor commercieel gebruik wordt gewonnen, aanzienlijk. Het is duidelijk dat er niet in de concessiezone gewonnen kan worden. De benodigde hoeveelheid zand zal uit de hiervoor voorziene en/of aangeduide extractiezones moeten gewonnen worden.

### 6.2.3 Erosiebescherming en erosieputten

In het MER wordt gesteld dat in het geval van monopile funderingen zullen gebruikt worden, er voor ongeveer de helft van de monopiles een statische erosiebescherming zal worden aangebracht, voor de andere helft dynamische erosiebescherming. Wanneer een jacketfundering zal worden gebruikt, wordt een dynamische erosiebescherming voorzien. Voor de gravitaire funderingen wordt een statische erosiebescherming voorzien.

Zoals vroeger reeds opgemerkt (Rumes *et al.*, 2011) kan rond de structuren de ontwikkeling van erosieputten worden verwacht, wanneer geen (of onvoldoende) erosiebescherming wordt aangebracht. Bovendien kan er ook secundaire erosie rond de geïnstalleerde erosiebescherming optreden, waardoor ook kabels aan de oppervlakte komen, met soms zelfs schade aan de kabels tot gevolg. Aangezien er hierover nog onvoldoende kennis is, moet dit worden opgevolgd.

### 6.2.4 Verhoging van de turbiditeit

#### 6.2.4.1 Installatie van monopiles en jacketfunderingen

Bij het gebruik van monopiles met statische erosiebescherming zullen baggerwerken worden uitgevoerd, wat een verhoging van de turbiditeit met zich zal meebrengen. Het is echter zo dat de baggerwerken beperkt zullen blijven in vergelijking met de jaarlijks uitgevoerde baggerwerken voor het onderhoud van de vaargeulen en de zeehavens. Bovendien worden de baggerwerken uitgevoerd in een zone met weinig fijn materiaal, zodat het gebaggerde en gedumpte zand snel zal bezinken.

Aangezien dit windpark niet op een zandbank zelf ligt, maar ten noordwesten van de Blijhbank, moet er verder rekening worden gehouden met het feit dat de installatie van dit windpark gebeurt in een zone waar het Quartair dunner is en waar dus Tertiaire kleilagen (kunnen) dagzomen wat een langdurig verhoging van turbiditeit met zich mee zou kunnen brengen.

In Rumes *et al.* (2011) wordt echter gesteld dat er bij het toepassen monopiles en jacketfunderingen geen belangrijke verhoging van de turbiditeit werd vastgesteld en dat de vastgestelde verhoging beperkt bleef tot 11 %. Er kan dan ook worden aangenomen dat de verhoging van de turbiditeit door de installatie (voorbereidende nivelleringswerken en heien) van monopiles of jacketfunderingen of door het installeren van erosiebescherming beperkt in tijd en in grootte zal zijn.

#### 6.2.4.2 Installatie van gravitaire funderingen

Bij het gebruik van gravitaire funderingen wordt er in het MER gesteld dat er ongeveer 90.000 m<sup>3</sup> zal worden uitgegraven per gravitaire fundering. Dit is een aanzienlijke hoeveelheid. Voor de basisconfiguratie (38 windturbines + 1 OHVS station) wordt er dus verwacht dat 3,51 miljoen m<sup>3</sup> zand/klei zal worden uitgegraven. In vergelijking met de hoeveelheid zand die wordt gewonnen op zee, namelijk ~2 miljoen m<sup>3</sup> zand per jaar, is dit een zeer belangrijke hoeveelheid. De bezorgdheid bestaat dan ook dat deze zand- en kleiverplaatsingen een significante verhoging van de turbiditeit met

zich zal meebrengen.

Als bijlage bij het MER werd een studie toegevoegd (IMDC, 2014b), waarbij een eerste inschatting werd gemaakt met behulp van een sedimenttransportmodel, van de verhoging van de turbiditeit als gevolg van de bagger- en stortactiviteiten tijdens de installatie van 1 gravitaire fundering in het Mermaid park, of tijdens de installatie van 2 gravitaire funderingen tegelijk, één in het Mermaid en één in het naastliggende park (Nortwester2). Er wordt aangenomen dat het baggeren van de funderingsput van 90.000 m<sup>3</sup> ongeveer 14 cycli nodig heeft en ongeveer 35 u duurt. In de studie wordt enkel de dispersie van het fijne materiaal gemodelleerd, waarbij er dan van uitgegaan wordt dat de zandpartikels veel sneller zullen bezinken. Er wordt hierbij uitgegaan van een hoeveelheid van 3 % slib. Verder wordt er uitgegaan van een opwelling van materialen van 1 % tijdens het baggeren, van een overflow van materialen van 17 %, die in de waterkolom achterblijven, en van een verlies van 30 % van het materiaal tijdens het dumpen.

Uitgaande van deze randvoorwaarden wordt aangetoond dat de overschrijding van een achtergrondwaarde van 4 mg/l maximaal slechts gedurende een 2,6 uren wordt overschreden, tijdens de baggerwerken voor één funderingsput, d.i. in ongeveer 7,5 % van de tijd. De grootste verhoging wordt veroorzaakt door de dumpingactiviteit. De sedimentpluim (met concentraties hoger dan de achtergrondwaarde van 4 mg/l) kan een afstand afleggen van 1600 m, en de pluim blijft beperkt tot een doorsnede van 600 m. In de concessiezone is de concentratie in 96 % van de tijd lager dan de 10 mg/l. De studie lijkt dus aan te tonen dat de verhoging van de turbiditeit zeer lokaal en beperkt in tijd zal zijn. De gelijktijdige installatie van twee funderingsputten in Mermaid en Nortwester2 beïnvloeden de overschrijding van de achtergrondconcentraties niet sterk.

Bij de interpretatie van deze modelresultaten moet er wel rekening mee worden gehouden dat de hoeveelheid materiaal die in suspensie wordt gebracht, klein lijkt, dat er geen rekening wordt gehouden met de dispersie van (fijn) zand en dat zeker in de diepere zones van het gebied het Quartair zeer dun kan zijn (zie hierboven) en dat er dus meer dan 3 % klei en slib in het gebaggerde materiaal kan zitten. Anderzijds zal het uit het Tertiair opgegraven materiaal wel een veel grotere hoeveelheid klei bevatten, maar zal deze klei bestaan uit zeer harde Tertiaire kleien, waarvan kan worden aangenomen dat het materiaal als harde brokken zal opgegraven worden, in plaats van als materiaal dat in suspensie zal komen. Bij het graven van een tunnel onder de Westerschelde door een Boomse klei bleek inderdaad dat het materiaal uit harde brokken bestond en niet in suspensie kwam (Kornman en van Madelgem, 2002). Ook hier kan men dus redelijkerwijze aannemen dat de kleibrokken kunnen gestort worden, zonder dat deze direct in suspensie zullen komen en een verhoging van de turbiditeit zullen veroorzaken.

Verder worden in het MER ook andere studies vermeld waarbij de verhoging van de turbiditeit, hoger dan 10 mg/l beperkt blijft tot 20 % van de tijd en dat de invloedssfeer van een overflow van fijn sediment beperkt blijft tot 11 km.

Ondanks deze eerste modelresultaten en ondanks de redenen om aan te nemen dat de turbiditeit niet significant zal verhogen, blijft de bezorgdheid bestaan.

Daarom wordt ook, in het geval van het toepassen van een belangrijke aantal gravitaire funderingen in dit gebied, een bijkomende monitoring opgelegd, om een mogelijke significante verhoging van de turbiditeit op te meten, zoals ook werd opgelegd voor het windpark van Norther, Rentel en Seastar (Rumes *et al.*, 2011; 2012a, 2013d). Dit wordt trouwens ook aanbevolen in DECC (2008a).



#### 6.2.4.3 Gebruik van de suction bucket techniek

In het MER wordt ook de mogelijkheid opengelaten van de toepassing van de suction bucket techniek. In het MER wordt echter weinig informatie gegeven over deze techniek, bijvoorbeeld over de mogelijke verhoging van de turbiditeit bij deze techniek. Uitgaande van het feit dat er zand en slib zullen worden opgezogen en in de waterkolom zullen worden gelost, kan er verwacht worden dat de turbiditeit verhoogd wordt. Er is echter geen indicatie over de hoeveelheid van het vrijgekomen materiaal of de te verwachten verhoging van de turbiditeit. Dit is dus een duidelijke leemte in de kennis. Rekening houdende met de dunne Quartaire lagen wordt daarom bij de toepassing van de suction bucket techniek een bijkomende monitoring opgelegd, voor de controle van een mogelijke verhoging van de turbiditeit in de waterkolom. Dit is in de lijn met de bijkomende monitoring in het geval van de toepassing van gravitaire funderingen en is in overeenstemming met de aanbevelingen in DECC (2008a).

#### 6.2.4.4 Installatie van kabels

Verder kunnen ook het ploegen of jetten van de kabels of het baggeren van sleuven voor de installatie van kabels mogelijk een tijdelijke verhoging van de turbiditeit met zich meebrengen.

Merk eerst en vooral op bij dat de installatie van de exportkabels van de windparken (Arcadis, 2011; IMDC, 2012; IMDC, 2013d) ervan werd uitgegaan dat buiten de vaargeulen de exportkabels naar de kust zouden worden geïnstalleerd met behulp van jetting en/of ploegen, waarbij er kon verwacht worden dat de verhoging van de turbiditeit door deze werken beperkt in tijd en plaats zouden zijn (Rumes *et al.*, 2011; 2012a; 2013d). In het MER van het Elia Belgian Offshore Grid (Elia-BOG, 2013) werd er echter gesteld dat de kabels zouden geïnstalleerd worden door het baggeren van een sleuf over de gehele kabellengte, dit op basis van de ervaring die tijdens de installatie van de kabels voor de C-Power en Belwind windparken was opgedaan. Er werd berekend dat in dit geval bijna 11.000.000 m<sup>3</sup> zou moeten gebaggerd worden en tijdelijk gestockeerd worden, waarna het grootste deel van het gestockeerde materiaal terug gebruikt kon worden voor het terug opvullen van de sleuven. Na alle werken werd verwacht dat er 500.000 m<sup>3</sup> achter zou blijven op de stockageplaats. Er werd in het MEB Elia-BOG (Rumes *et al.*, 2014) van uitgegaan dat de verhoging van de turbiditeit beperkt zal blijven. De evolutie van de zandhopen en de schatting van de bagger- en stortverliezen zijn echter nog niet genoeg gekend. Daarom werd in het MEB Elia-BOG een monitoring opgelegd die de evoluties van de zandhopen zal volgen en die zal toelaten de bagger- en stortverliezen bij dergelijke grootschalige operaties beter in te schatten, wat zal helpen bij het duurzaam beheer van de mariene grondstoffen.

In het MEB Mermaid worden drie opties voor de kabels naar voren gebracht. De eerste optie gebruikt 4 tot 6 kabels, die over 20 tot 22 km naar het Alpha-station van Elia loopt, in een tweede optie verbinden 1 of 2 verbindingskabels over een 20 km een OHVS-station met het Alpha-station. De laatste optie vermeldt de mogelijkheid dat het Alpha-station niet gerealiseerd wordt, waarbij dus 1 exportkabel over 55 km van het OHVS station tot aan land geïnstalleerd wordt. Het is duidelijk dat het aantal kilometer sterk kan verschillen en dat het op het ogenblik niet duidelijk is of de kabels door jetting en/of ploegen zullen worden geïnstalleerd of dat er ook hier over de hele lengte een sleuf zal worden uitgebaggerd, die achteraf, na de kabel werd geïnstalleerd terug zal worden opgevuld. Op basis van de concrete planning, voor de aanvang van de werken, kan een gelijkaardige monitoring opgelegd worden, als voor het Elia-BOG project.

#### 6.2.4.5 Verhoging van turbiditeit tijdens exploitatie

In de vorige MEBs voor windparken werd ervan uitgegaan dat de mogelijke verhoging van de

turbiditeit tijdens de exploitatie van de windparken beperkt is. Dit staat echter recent terug ter discussie. Enerzijds werd tijdens de uitgevoerde monitoring bij het gebruik van monopiles in het Belwind windpark (Van den Eynde *et al.*, 2013a, 2013b) geen belangrijke verhoging van de turbiditeit vastgesteld. Anderzijds werd in Vanhellemont and Ruddick (2014) recent aangetoond aan de hand van satellietbeelden dat in Engelse windparken, in een waterdiepte van 0 tot 25 m, sedimentpluimen achter de windturbines (geïnstalleerd zonder erosiebescherming) zichtbaar zijn. Deze pluimen zijn 30 tot 150 m breed en kunnen tot meer dan 10 km lang zijn. Deze sedimentpluimen lijken persistent te kunnen zijn en zouden mogelijk de bathymetrie kunnen beïnvloeden. Ook in satellietbeelden rond de Belgische windparken werden occasioneel turbiditeitspluimen waargenomen (Van der Zande, pers. comm.). Bovendien konden deze pluimen ook visueel vanuit een vliegtuig worden geobserveerd en werden zij waargenomen in de turbiditeitsmetingen die werden uitgevoerd met behulp van een hull-mounted Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), geïnstalleerd op het onderzoeksschip RV Belgica (Baeye and Fettweis, submitted), ook dieper in de waterkolom (en dus niet zichtbaar met satellietbeelden). De reden van deze turbiditeitspluimen is echter nog niet gekend en is voorwerp van discussie. Terwijl in Vanhellemont and Ruddick (2014) wordt gesuggereerd dat de sedimentpluimen veroorzaakt zouden kunnen worden door erosie van sediment rond de palen, wordt in Baeye and Fettweis gesteld dat het materiaal mogelijk van biologische oorsprong zou kunnen zijn. Het is echter duidelijk dat een continue verhoging van de turbiditeit rond de windturbines een negatieve impact kan hebben op de ecologie (Degraer *et al.*, 2013).

De frequentie van voorkomen van deze turbiditeitspluimen en de uitgestrektheid ervan voor de Belgische windparken, verder uit de kust en in dieper water, moet verder onderzocht worden. Ook de oorzaak van deze turbiditeitspluimen en de mogelijke impact ervan op de bodemecologie vraagt verder onderzoek. Er zal dan ook een monitoring worden opgelegd om deze turbiditeitspluimen verder te onderzoeken.

### 6.2.5 Effecten op hydraulica

Zoals vroeger (BMM, 2006, 2007, 2009; Rumes *et al.*, 2011, 2012a, 2013d) reeds was gesteld, wordt verwacht dat de effecten op de stromingen en de golven zeer lokaal blijven. Er wordt niet verwacht dat door de installatie van de windturbines de stromingen en de bijhorende bodemspanningen in belangrijke mate zullen veranderen. Er wordt dus verwacht dat de milieudoelen die België zich gesteld heeft in het kader van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (Belgische Staat, 2012a) niet in gevaar zullen worden gebracht.

### 6.2.6 Vrijkomen van de kabels

Zoals reeds in Rumes *et al.* (2011) werd vermeld, kunnen door de migratie van zandgolven de kabels vrij komen te liggen. Uitgaande van migratiesnelheden tussen 1 en 3 m per jaar en het feit dat de kabel 1,8 m diep ingegraven ligt, schatten Galagan *et al.* (2005) dat de kabels zouden kunnen komen bloot te liggen na 6 tot 18 jaar. Ook in DECC (2008a, 2008b) wordt vermeld dat de natuurlijke variatie van bepaalde zandbanken gemakkelijk 1,5 m kan bedragen, waardoor de kabels aan de oppervlakte zouden kunnen komen te liggen. Bovendien worden er ook opmetingen beschreven waarbij de kabels vrij kwamen door secundaire erosie.

Uit literatuur blijkt bovendien dat de schatting van deze migratiesnelheden van 1 tot 3 m per jaar aan de lage kant zijn. Andere schattingen spreken van migratiesnelheden tot 7,5 m/jaar (Drost, 2009), tot 10 meter per jaar (Németh, 2003; Roos, 2008), of tot 10-tallen meters per jaar (Morelissen *et al.*, 2003; IJzer, 2010). Bolle *et al.* (2013) vermeldt dat de migratiesnelheid van de duinen in het gebied van de Belgische windparken tussen 1 en 7 m per jaar zijn.

Als gevolg van migrerende zandduinen, werden zowel bij de kabels van het C-Power als van het Belwind windpark waargenomen dat op sommige plaatsen, door de migratie van zandduinen, de kabels onvoldoende diep komen te liggen (Van den Eynde *et al.*, 2013b), zodat bijkomende bestortingen nodig waren. C-Power heeft daarom beslist om een tweede exportkabel niet op 1 m onder de zeebodem, maar, in een gebied met migrerende zandduinen, de kabel te begraven 1 m onder de basis van de zandduinen. Er wordt, uitgaande van deze ervaring, aanbevolen, om dit ook toe te passen voor de exportkabels van het Mermaid windpark.

Het blijft verder belangrijk dat de begraving van de exportkabels regelmatig gemonitord wordt.

### *6.3 Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject*

#### 6.3.1 Inleiding

De belangrijkste te verwachten effecten zijn de verhoging van de turbiditeit tijdens de werken, het mogelijke optreden van erosie rond de monopiles van de Wavestar WEC's tijdens de exploitatiefase en het mogelijk ontstaan van sedimentpluimen rond de monopiles van de Wavestar WEC's. Tot slot is het ook mogelijk dat de kabels, door de migratie van zandduinen, vrij komen te liggen.

#### 6.3.2 Funderingen

In het MER worden ook 6 types WEC's voorgesteld, die in een pilootfase kunnen worden geïnstalleerd. In het geval de Wavestar wordt geïnstalleerd, zullen vier monopiles per WEC worden geïnstalleerd, waarbij er wordt gesteld dat in een basisveld (tussen vier windturbines) er 7 WEC's zullen worden geïnstalleerd voor een totaal vermogen van 5,6 MW. Dit komt dus neer op 28 monopiles per basisveld, waar WEC's worden geïnstalleerd. De monopiles zullen een kleinere diameter hebben (3 à 4 m) dan de monopiles voor de windturbines (6,2 tot 7,5 m) maar een grotere diameter dan de palen die voor de jacketfunderingen zouden worden gebruikt (1,5 à 2,25 m). De installatie van deze monopiles zal gelijkaardige effecten hebben als de installatie van de monopiles of de jacketfunderingen voor de windturbines.

Voor de andere types WEC's worden verankeringen uitgevoerd. Voor de Poseidon, Weptos, Flansea of Lifesaver, worden normaal tot 5 gravitaire ankers gebruikt om de vlottende WEC's te verankeren. Voor de Seabased WEC wordt een gravitaire plaat op de bodem geïnstalleerd.

#### 6.3.3 Erosiebescherming en erosieputten

Terwijl voor de monopiles of de jacketfundering voor de windturbines erosiebescherming wordt voorzien, wordt voor de monopiles van de Wavestar WEC's, die toch een diameter hebben, die groter is dan de palen van de jacketfundering, geen erosiebescherming voorzien. Zoals hierboven reeds vermeld kan verwacht worden dat rond deze monopiles erosieputten zullen worden gegenereerd. Het is duidelijk dat moet gecontroleerd worden dat de ontstane erosieputten de stabiliteit van de monopiles van de Wavestar WEC niet in het gedrang brengt.

#### 6.3.4 Verhoging van de turbiditeit

##### 6.3.4.1 Installatie van monopiles

De verhoging van de turbiditeit van de monopiles voor de Wavestar WEC's zal kleiner zijn dan de

verhoging van de turbiditeit van de grotere monopiles voor de windturbines. Er kan daarom gesteld worden dat de verhoging van de turbiditeit door de installatie (voorbereidende nivelleringswerken en heien) van monopiles beperkt in tijd en in grootte zal zijn.

#### 6.3.4.2 Installatie van kabels

Ook bij de installatie van de kabels tussen de WEC's en de windturbines of het OHVS station kan een verhoogde turbiditeit optreden. De kabels zullen echter minder diep moeten worden gelegd worden dan de exportkabels en zullen over een veel kortere afstand worden gelegd. Bovendien is het meer waarschijnlijk dat de kabels zullen worden geïnstalleerd met behulp van jetting en/of ploegen in plaats van het graven van een sleuf. Er kan dan ook verwacht worden dat de verhoging van de turbiditeit door deze werken beperkt in tijd en plaats zullen zijn.

#### 6.3.4.3 Verhoging van turbiditeit tijdens exploitatie

Zoals hierboven vermeld is er recent terug discussie over de verhoging van de turbiditeit rond de monopiles van windturbines. De frequentie van voorkomen van turbiditeitspluimen en de uitgestrektheid, evenals de impact van deze pluimen op het mariene milieu en de bodemecologie, moet verder onderzocht worden. Dit is ook van belang in het geval Wavestar WEC's zouden worden geïnstalleerd. In dit geval zou het aantal monopiles in het gebied immers nog sterk zou kunnen vergroten. In de pilootfase is er sprake van de installatie van één basisvelden met 7 Wavestar WEC's elk (voor 5,6 MW vermogen) wat dus zou neerkomen op 28 monopiles, naast de 39 voorzien voor de windturbines en het OHVS station. Op langere termijn wordt gesproken van de installatie van 4 basisvelden, met dus 112 bijkomende monopiles.

#### 6.3.5 Vrijkomen van de kabels

Zoals voor de exportkabels werd opgemerkt bestaat het risico dat kabels aan het oppervlak van de zeebodem komen te liggen door migratie van zandgolven. Voor de installatie van de WEC's kan de hoeveelheid kabels in het concessiegebied sterk toenemen. In het geval de Seabased WEC's worden gebruikt, zouden voor de pilootfase van één basisveld tot 160 WEC's geïnstalleerd kunnen worden, die allemaal met een kabel moeten verbonden worden naar een windturbine of een OHVS-station. Aangezien de kabels in het windpark zelf liggen, waar vrijwel geen scheepvaart toegelaten is, is een nauwkeurige opvolging van de bedekking van deze kabels minder nodig.

### 6.4 *Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten*

Voor de constructie en de ontmanteling van het Mermaid windpark inclusief verbindingkabels zijn er op het vlak van hydrodynamica en sedimentologie geen cumulatieve of grensoverschrijdende effecten te voorzien aangezien de verhoging van de turbiditeit tijdens de werken zeer beperkt zijn in ruimte en tijd. Anderzijds is er een groeiende bezorgdheid ontstaan over de mogelijke verhoging van de turbiditeit door het ontstaan van sedimentpluimen rond de monopiles (of de jacketfunderingen) van de windturbines. Het voorkomen van deze sedimentpluimen werd aangetoond aan de hand van satellietbeelden voor Britse en Belgische windparken, werd visueel vastgesteld voor de Belgische windparken en kon met behulp van in situ metingen aan boord van de RV Belgica worden opgemeten. De oorsprong, frequentie en uitgebreidheid en impact van deze sedimentpluimen is echter nog niet voldoende gekend. De installatie van een nieuw windpark, met eventueel zelfs de installatie van Wavestar WEC's, die op zich ook geïnstalleerd worden op monopiles, heeft natuurlijk een cumulatief effect. Het wordt dan ook gesteld dat een bijkomende monitoring nodig is, die toe zal staan om het voorkomen van deze sedimentpluimen en de mogelijke impact op de mariene ecologie te onderzoeken.

## 6.5 Besluit

### 6.5.1 Aanvaardbaarheid

#### 6.5.1.1 Windpark

De belangrijkste te verwachten effecten zijn de verhoging van de turbiditeit tijdens de werken, het optreden van erosie rond de palen tijdens de exploitatiefase, het in suspensie brengen van bodemmateriaal door jetting en ploegen, het mogelijk ontstaan van sedimentpluimen achter de turbines en het mogelijk vrijkomen van de kabels. Erosie wordt tegengegaan door het aanbrengen van een erosiebescherming. Bij het gebruik van gravitaire funderingen zal bovendien een aanzienlijke hoeveelheid zand en klei gebaggerd worden en terug in zee gestort worden. Ook bij de installatie van de exportkabels is het mogelijk dat een aanzienlijke hoeveelheid zand en klei zal gebaggerd en terug in zee gestort worden. In dit laatste geval is het mogelijk dat een bijkomende monitoring wordt opgelegd. Het ontstaan van sedimentpluimen rond de monopiles is niet goed gekend en hiervoor wordt dan ook een monitoring opgelegd.

Er kan gesteld worden dat wat betreft de hydrodynamica, de sedimentdynamica en de morfologie er geen belangrijke effecten verwacht worden voor het mariene milieu en dat het project aanvaardbaar is mits inachtnaam van volgende onderstaande voorwaarden.

#### 6.5.1.2 Pilootproject WEC's

Bij het installeren van Wavestar WEC's zouden bijkomende monopiles worden geïnstalleerd. Recent onderzoek heeft uitgewezen dat deze monopiles turbiditeitspluimen kunnen genereren, met mogelijke ecologische gevolgen. Dit zal moeten gemonitord worden. Voor andere types zal er een groot aantal bijkomende kabels en verankeringen nodig zijn. Het beperkte pilootproject met WEC's is aanvaardbaar mits inachtnaam van volgende onderstaande voorwaarden.

### 6.5.2 Voorwaarden en aanbevelingen

#### 6.5.2.1 Voorwaarden

- Voordat met de werkzaamheden wordt begonnen, voert de houder een gedetailleerd onderzoek uit naar de bodemgesteldheid en bodemvormen ter plekke van de funderingen van de windturbines in verband met de keuze tussen de types funderingen. De ruwe data en resultaten van het bodemonderzoek worden voor de start van de werken ter kennis gebracht van de BMM.
- Voorafgaand aan de werken moet de vergunninghouder contact opnemen met de BMM dat, op basis van de concrete bouwplannen en de gegevens van het grondonderzoek, zal bepalen waar en hoe het uitgegraven materiaal gestockeerd en gestort zal worden.
- De houder moet de BMM op de hoogte brengen van de finale locaties, afmetingen en samenstelling van de erosiebescherming, zowel in het park als langs het kabeltracé. Hij moet door een adequate monitoring verzekeren dat er geen belangrijke erosiekuilen optreden die de stabiliteit van de palen in gevaar kunnen brengen.
- De bedekking van de kabels moet steeds verzekerd worden en moet gemonitord worden zoals voorzien in het monitoringsplan. Indien de monitoring uitwijst dat de kabel niet meer op de minimale begravingstiepte ligt, dienen binnen de kortst mogelijke termijn en met een maximum van drie maanden de nodige werken te worden uitgevoerd opdat de kabel terug op haar oorspronkelijke diepte

wordt geplaatst of voldoende afgedekt wordt.

- In gebieden met migrerende zandduinen moeten de kabels niet op minimale begravingsdiepte onder de zeebodem worden gelegd, maar op een minimale begravingsdiepte onder de basis van de migrerende zandduinen.
- Het bijkomende zand, dat moet gebaggerd worden voor de opvullen van de funderingen en funderingsputten bij gravitaire funderingen kan niet in de concessiezone zelf worden gewonnen. Dit moet, zoals alle zandwinning, gebeuren in één van de daarvoor voorziene en/of aangeduide extractiezones.
- Indien de vergunninghouder gebruik gemaakt van gravitaire funderingen of van de suction bucket techniek, dan wordt een bijkomende monitoring opgelegd, die de mogelijke verhoging van de turbiditeit kan begroten.
- Indien de vergunninghouder gebruik gemaakt van gravitaire funderingen, dan wordt een bijkomende monitoring opgelegd, die de evolutie van de zandhopen ter hoogte van het windpark opvolgt, zolang de zandhopen aanwezig zijn.
- Voordat met leggen van de kabels wordt begonnen, voert de houder een gedetailleerd onderzoek uit naar de bodemgesteldheid en bodemvormen. De ruwe data en resultaten van het bodemonderzoek worden voor de start van de werken ter kennis gebracht van de BMM.
- Wanneer er bij het leggen van de kabels baggerwerken zullen worden uitgevoerd, dient de vergunninghouder, voorafgaand aan de werken, contact op te nemen met de BMM dat, op basis van de concrete bouwplannen, een schatting van de hoeveelheid materiaal dat zal uitgegraven en gestockeerd worden, en de gegevens van het grondonderzoek, zal bepalen waar en hoe het uitgegraven materiaal gestockeerd en gestort zal worden.
- In het geval zeer aanzienlijke hoeveelheden zullen gebaggerd en gestort worden voor de installatie van de kabels, is het mogelijk dat een bijkomende monitoring wordt opgelegd, die de evolutie van de zandhopen opvolgt.
- Het ontstaan van de sedimentpluimen rond de funderingen van de windturbines en mogelijk rond de monopiles van de Wavestar WEC's is een recente bezorgdheid. De oorzaak van deze sedimentpluimen en de mogelijke impact op het mariene milieu is niet goed gekend. Daarom wordt een bijkomende monitoring opgelegd, die de mogelijke verhoging van de turbiditeit door de generatie van sedimentpluimen achter de monopiles verder onderzoekt.

#### 6.5.2.2 Aanbevelingen

De BMM heeft geen specifieke aanbevelingen voor dit onderdeel.

### 6.6 Monitoring

In DECC (2008a; 2008b) wordt een overzicht gegeven van de kennis die werd vergaard in het Verenigd Koninkrijk aan de hand van de 'Round 1' windparken en worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek en geschikte monitoring. Bovendien werden deze conclusies aangescherpt in de rapporten van ABPmer et al. (2010) en CEFAS (2010). De belangrijkste conclusies en aanbevelingen werden reeds gegeven in BMM (2009) en Rumes et al. (2011, 2012a, 2013a, c) en er wordt dan ook naar deze rapporten verwezen voor meer informatie hierover.

De doelstellingen van deze monitoring zijn:

- bepalen van turbulentie en de stromingen in het gebied en bepalen van de effecten van de constructie van het windpark en van de exploitatie van het park op de turbulentie, bij de toepassing van gravitaire funderingen of bij het gebruik van de suction bucket techniek;
- bepaling van de eventuele verplaatsing van het gestorte zand, bij de toepassing van gravitaire

funderingen en/of bij het uitvoeren van belangrijke baggerwerken voor de installatie van de kabels;

- controle van het optreden van erosiekuilen rond de palen;
- controle van de bedekking van de exportkabels;
- onderzoek naar de oorzaken en de mogelijke gevolgen van de sedimentpluimen die worden waargenomen rond de monopiles van de windturbines.

## 6.6.1. Turbiditeit

### 6.6.1.1 Gravitaire fundering en/of suction bucket techniek

Bij het gebruik van gravitaire funderingen zal er een zeer belangrijke hoeveelheid zand en vooral klei worden gebaggerd en in de concessiezone gestort. Volgens het MER zal er afhankelijk van de configuratie tot bijna 2.500.000 m<sup>3</sup> zand en klei in het concessiegebied tijdelijk gestockeerd worden, alvorens het, uitgaande van de bagger- en stortverliezen van 30 %, volledig zal worden herbruikt bij de hervullen en opvullen van de funderingen en van de funderingsputten. Aangezien het hier niet over enkel zand gaat maar dat het ook mogelijk is dat Tertiaire kleien zullen worden opgebaggerd, is het niet zeker dat de turbiditeitsverhoging nog steeds beperkt zal blijven. Daarom wordt bij het gebruik van gravitaire funderingen een monitoring gevraagd van de invloed van de werken en van de funderingen op de turbiditeit. Deze verhoging van de turbiditeit kan eventueel belangrijke invloeden hebben op de benthos (zie Hoofdstuk 10). Dit werd ook zo aanbevolen door de Britse autoriteiten (DECC, 2008a).

Ook in het geval de suction bucket techniek wordt gebruikt, is er een leemte van de kennis van de mogelijke verhoging van de turbiditeit, als gevolg van het storten van het opgezogen materiaal. Ook in dit geval wordt een bijkomende monitoring van de invloed van de werken op de turbiditeit opgelegd.

In deze gevallen zullen vóór de werken (bij gebruik van gravitaire funderingen en bij toepassing van de suction bucket techniek), tijdens de werken (bij gravitaire funderingen en toepassing van de suction bucket techniek) en na de werken (enkel bij gravitaire funderingen), metingen worden uitgevoerd van de waterhoogtes, stromingen en golven en van de turbiditeit.

In tegenstelling tot de aanbevelingen van DECC (2008a), wordt in Van den Eynde *et al.* (2010) geargumenteed dat het het zoeken van “controlegebieden” niet evident is en dat verschillende gebieden onder andere invloeden kunnen staan en dat natuurlijke variabiliteit anders kan zijn. Daarom wordt er aanbevolen om op slechts één plaats te meten, dicht bij of in het concessiegebied, maar lang genoeg te meten, om voldoende informatie te hebben over de natuurlijke variabiliteit en zo de invloed van de werken en van de constructies op een zinvolle statistische manier te kunnen bepalen. Deze techniek werd bijvoorbeeld toegepast om de veranderingen van de turbiditeit te analyseren tijdens dumpingsexperimenten ter hoogte van de haven van Zeebrugge (Lauwaert *et al.*, 2009).

Er wordt bijgevolg gesteld dat de metingen worden uitgevoerd in één punt dicht bij (of in) de concessiezone. Deze metingen worden uitgevoerd voor de werken, tijdens de werken en na de werken (enkel bij gravitaire funderingen), steeds over een periode van minimum 3 maanden, waarvan 1,5 maand in de herfst-winterperiode, en 1,5 maand in de lente-zomerperiode.

De stroommetingen zullen worden uitgevoerd met een ADCP. De metingen van de golven en van de turbiditeit zullen worden uitgevoerd door het plaatsen van een frame of tripode op de zeebodem, waarop de nodige instrumenten kunnen gemonteerd worden. Bovendien moet ook de calibratiecurve bepaald worden tussen de opgemeten turbiditeit en de materie in suspensie. Dit moet gebeuren door het gelijktijdig nemen van *in-situ* waterstalen die dan gefilterd kunnen worden ter bepaling van de

materie in suspensie. Een minimum van 40 waterstalen moet worden genomen voor de bepaling van deze calibratiecurve.

De resultaten van deze opmetingen zal bestaan uit een aantal tijdreeksen van de stromingen, de waterhoogtes, de golfhoogtes en de turbiditeit over een langere periode. Bovendien zullen de calibratiecurves tussen de opgemeten turbiditeit en de materie in suspensie worden opgesteld, zodat ook de tijdreeksen van de materie in suspensie zal beschikbaar zijn.

Voor de verschillende periodes zal een vergelijking worden uitgevoerd tussen de materie in suspensie voor, tijdens en na de werken. Door een grondige analyse van al deze tijdreeksen (zie Lauwaert *et al.*, 2009) zal een schatting worden gemaakt van de verhoging van de turbiditeit ten gevolge van de werken en ten gevolge van de exploitatie van het park.

Merk op dat indien voor de aanvang van de werken reeds duidelijk werd aangetoond dat ook bij het gebruik van gravitaire funderingen of bij toepassing van de suction bucket techniek de verhoging van de turbiditeit beperkt blijft, bijvoorbeeld na monitoring in het Norther, Seastar of Rentel windpark, er kan overwogen worden om, na schriftelijke bevestiging van de BMM, deze monitoring achterwege te laten.

Deze monitoring wordt samengevat in tabel 6.1.

#### 6.6.1.2 Sedimentpluimen

Recent onderzoek heeft uitgewezen dat de monopiles en jacketfunderingen van de windturbines turbiditeitspluimen kunnen genereren. Ook in het Mermaid park zullen monopiles of jacketfunderingen worden geïnstalleerd. De juiste oorzaak van deze turbiditeitspluimen is nog niet gekend. Er zijn twee hypothesen, enerzijds het uitwassen van het fijn materiaal uit de zeebodem door de vortices aan de pijlers en anderzijds de faeces en pseudofaeces van de waterfilterende fauna rond en op de pijlers. Uit de tot nu toe beschikbare data weten we dat de pluimen geen tijdelijk effect zijn en dat ze zowel aan het oppervlak als in de waterkolom werden waargenomen. De impact van deze sedimentpluimen op het mariene milieu is niet gekend. Het is echter duidelijk dat een continue verhoging van de turbiditeit rond de windturbines een negatieve impact kan hebben op de ecologie (Degraer *et al.*, 2013).

Deze monitoring wil de oorzaak, de geografische uitgebreidheid, de temporele variatie van de turbiditeitspluimen alsook de mogelijke impacten ervan op het mariene milieu onderzoeken.

De beste aanpak voor deze monitoring is op het ogenblik nog niet duidelijk. Bottom mounted ADCPs, hull-mounted ADCPs (RV Belgica) en tripodes kunnen worden ingezet om gedurende langere periodes stromingen, golven, turbulentie, SPM concentratie en partikelgrootte van het suspensiemateriaal te meten. Met behulp van de bottom-mounted ADCP metingen kan ook het concentratieprofiel aan materie in suspensie (SPM) worden opgemeten, zodat informatie over de verdeling van de sedimentpluimen in de waterkolom kan bekomen worden. Deze ADCP metingen kunnen ook gebruikt worden om de turbulentie achter de windturbines te meten. Veranderingen in turbulentie kunnen een indicatie zijn van een veranderende sedimentdynamica. Stalen van het suspensiemateriaal en of van de bodem zullen genomen worden om de optische en akoestische signalen te calibreren naar SPM concentratie. De hull-mounted ADCP metingen aan boord van de RV Belgica alsook satellietbeelden kunnen gebruikt worden om de geografische uitgebreidheid van de pluimen te begroten. Om de temporele variatie van deze turbiditeitspluimen tengevolge van getij, springtij-doodtij cyclus, stormen en seizoenen te kennen zullen de metingen moeten worden uitgevoerd over voldoende lange periodes en in verschillende situaties.



Het is verder nodig inzicht te krijgen in de oorzaak van de sedimentpluimen. Hiervoor zullen waterstalen worden genomen in de sedimentpluimen en stalen van de epifauna. Ook de metingen van de partikelgrootte van het suspensiemateriaal met behulp van in situ vlokcameras, holografische cameras en/of laserdiffractometers die aan de tripod kunnen worden bevestigd zullen bijdragen om de herkomst van de deeltjes te achterhalen. Een analyse van de samenstelling van het suspensie en/of bodemmateriaal kan een eventuele aanreiking aan organisch materiaal duidelijk maken, wat een indicatie kan zijn van hun herkomst.

Hydrodynamische, golf- en sedimenttransportmodellen kunnen worden toegepast om beter inzicht te verwerven in de processen, die van belang zijn, of die de monitoring kunnen sturen. We denken hier bv aan simulaties van de geografische verspreiding van de turbiditeitspluimen tijdens verschillende weers- en getijomstandigheden en het bepalen van geschikte staalnameposities en verankeringspositie van meetapparatuur.

Het monitoringsplan zal zodanig worden opgesteld, dat bijsturingen aan de hand van de verkregen resultaten, kunnen worden opgenomen.

Deze monitoring wordt samengevat in Tabel 6.2.

### 6.6.2. Verplaatsing van het gestorte zand en klei

In het geval gravitaire funderingen zullen worden gebruikt, zal een aanzienlijke hoeveelheid zand worden gebaggerd en op stortplaatsen binnen de concessiezone worden gestockeerd. Het is ook mogelijk dat door het uitgraven van een sleuf langsheen het hele kabeltracé, er een aanzienlijke hoeveelheid zand zal worden gebaggerd en tijdelijk gestockeerd. In dit geval moeten tijdens en na de werken de positie van het gestorte zand en klei worden opgemeten. De morfologie op de stortplaats moet worden opgemeten voor het storten van het specie, als referentiemeting, en vervolgens direct na de stortingen, na 1 maand, na de eerste storm, met een terugkeerperiode van 5 jaar, en 1 maand na die storm. De bathymetrie zal met een horizontale nauwkeurigheid van 2 m en een verticale nauwkeurigheid van 0,5 m worden opgemeten. Na elke meetcampagne van de bathymetrie van het zand op de stortplaatsen zullen verschilkaarten worden opgesteld tussen de bathymetrie, zoals die tijdens de referentiemeting werd opgemeten, en met de nieuw opgemeten bathymetrie. Op die manier worden de morfologische veranderingen van het zand op de stortplaatsen duidelijk gemaakt. Deze verschilkaarten zullen in een GIS pakket worden voorgesteld.

Nadat het gestockeerde zand volledig terug werd gebruikt, is er geen bijkomende monitoring meer nodig van het gebied, waar de zandstortingen werden uitgevoerd.

Merk op dat indien voor de aanvang van de werken reeds duidelijk is wat de verplaatsingen zijn van het gestorte zand en klei, bijvoorbeeld na monitoring in het Norther of Rentel windpark, er kan overwogen worden om deze monitoring achterwege te laten.

Deze monitoring wordt samengevat in tabel 6.3.

### 6.6.3. Erosie rond de palen of gravitaire funderingen

Na de werken moet de evolutie van de morfologie rond de turbines regelmatig worden opgemeten. De morfologie moet worden opgemeten voor het plaatsen van de turbines, als referentiemeting, en vervolgens direct na het plaatsen van de turbines, na 1 maand, na de eerste storm, met een terugkeerperiode van 5 jaar en 1 maand na die storm. Verder moet gedurende de eerste drie jaren jaarlijks een opmeting van de morfologie rond de turbines worden uitgevoerd. Vervolgens wordt de bathymetrie opgemeten elke 5 jaar.

De metingen worden minstens uitgevoerd rond de windturbines op de in het meest ondiepe en het

diepste punt van het concessiegebied en op de noordelijke hoekpunten van het windpark, waar het grootste sedimenttransport verwacht wordt. Het lijkt bovendien vanuit ingenieursaspecten veilig om, zoals aanbevolen door DECC (2008a), minstens 25 % van de turbines te monitoren voor het controleren van de erosiebescherming en voor het optreden van mogelijke secundaire erosie.

De bathymetrie zal best met een horizontale nauwkeurigheid van 2 m en een verticale nauwkeurigheid van 0,5 m worden opgemeten over een gebied met een diameter van 100 m rond de fundering, zodat de erosiebescherming zelf wordt opgemeten en het gebied rond de erosiebescherming, waar ook nieuwe erosieputten eventueel kunnen optreden. Na elke meetcampagne van de bathymetrie zullen verschilkaarten worden opgesteld tussen de bathymetrie, zoals die tijdens de referentiemeting werd opgemeten, en met de nieuw opgemeten bathymetrie. Op die manier worden de morfologische veranderingen van het gebied worden duidelijk gemaakt. Deze verschilkaarten zullen in een GIS pakket worden voorgesteld.

Deze monitoring wordt samengevat in tabel 6.4.

#### 6.6.4. Erosie langs het tracé van de exportkabels

Na de werken moeten ook de diepte van ingraving van de exportkabels regelmatig worden gecontroleerd. De morfologie moet worden opgemeten voor de plaatsing van de kabels, als referentiemeting, na de eerste zware storm, met een terugkeerperiode van 5 jaar, en 1 maand na die storm. Verder moet gedurende de eerste vijf jaar één maal per jaar het hele kabeltracé worden gecontroleerd. Na deze eerste vijf jaar worden de resultaten geanalyseerd en kunnen de zones bepaald worden waar verdere controle nodig blijft. De bathymetrie zal best met een horizontale nauwkeurigheid van 2 m en een verticale nauwkeurigheid van 0,5 m worden opgemeten.

Na elke meetcampagne van de bathymetrie ter hoogte van het kabeltracé zullen verschilkaarten worden opgesteld tussen de bathymetrie, zoals die tijdens de referentiemeting werd opgemeten, en met de nieuw opgemeten bathymetrie. Op die manier worden de morfologische veranderingen langsheen het kabeltracé duidelijk gemaakt. Deze verschilkaarten zullen in een GIS pakket worden voorgesteld.

Deze monitoring wordt samengevat in tabel 6.5.

#### 6.6.5. Rapportering

Elk jaar van de studie zal een rapport worden opgesteld dat naast de doelstellingen en de methodiek de verwerkte gegevens voorstelt en bespreekt. Dit rapport wordt uiterlijk telkens 2 maanden na het aflopen van het jaar van de monitoring bij de BMM ingediend en zal door de onderzoekers aan de medewerkers van de BMM op een vergadering voorgesteld worden. Met het rapport worden ook de metingen in elektronische vorm ter beschikking gesteld van de BMM. Van de onderzoekers wordt een actieve deelname verwacht aan eventuele workshops ingericht over de monitoring van de windparken op het BDNZ, ingericht door de BMM.

Tijdens de monitoring zullen eerste opmerkelijke bevindingen of waarnemingen ad hoc meegedeeld worden aan de BMM.

### 6.6.6. Samenvatting

De monitoring wordt samengevat in volgende tabellen:

Tabel 6.1: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van hydrodynamica en sedimentologie: turbiditeit

	Baseline	Constructiefase	Exploitatiefase
<b>Onderwerp</b>	Controle van de verhoging van de turbiditeit, bij het gebruik van gravitaire funderingen en bij de toepassing van de suction bucket techniek.		
<b>Doel</b>	Controle van de verhoging van de turbiditeit, tijdens en na de werken (dit laatste enkel bij gravitaire funderingen)		
<b>Timing</b>	Voor het begin van de werken	Tijdens de werken	Na de werken (bij gravitaire funderingen)
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metingen gedurende 3 maanden (1,5 maand in de herfst-winter periode, 1,5 maand in de lente-zomer periode) in een punt dicht bij het concessiegebied</li> <li>• Gebruik van ADCP voor het meting van de stromingen</li> <li>• Gebruik van een druksensor of golfboei voor het meten van de golven</li> <li>• Gebruik van een frame dat op de bodem kan worden geplaatst voor de meting van de turbiditeit met behulp van OBS sensoren. Gelijktijdige staalname van water voor calibratie van de OBS sensoren.</li> </ul>		
<b>Presentatie</b>	Rapport en digitale data		

Tabel 6.2: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van hydrodynamica en sedimentologie: ontstaan en effecten van sedimentpluimen rond de windturbines

	Baseline	Constructiefase	Exploitatiefase
<b>Onderwerp</b>	Metingen van de frequentie en uitgebreidheid van de sedimentpluimen rond de windturbines		
<b>Doel</b>	Inzicht in de effecten van deze sedimentpluimen op het mariene ecosysteem		
<b>Timing</b>	Metingen mogelijk in andere windparken	-	Metingen rond de windturbines, gedurende springtij-doodtijcyclus en in het zomer- en winterseizoen
<b>Methode</b>	Een uitgebreid monitoringsplan zal worden opgesteld, voorafgaand aan de start van de monitoring. Metingen omvatten mogelijk metingen met bottom mounted ADCP, met bottom landers voor het meten van stromingen, golven, turbiditeit, turbulentie, nemen van bodemstalen, gebruik van satellietbeelden, metingen met hull-mounted ADCP op RV Belgica, mogelijke toepassing van sedimenttransportmodellen. Het monitoringsplan kan worden bijgestuurd aan de hand van voorlopige resultaten.		
<b>Presentatie</b>	-	-	Rapport na de metingen

Tabel 6.3: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van hydrodynamica en sedimentologie: evolutie van de zandhopen

	Baseline	Constructiefase	Exploitatiefase
<b>Onderwerp</b>	In het geval van gravitaire funderingen alleen of in het geval aanzienlijke baggerwerken worden uitgevoerd bij de installatie van de kabels: evolutie van de zand- en kleiophopen, tot het zand terug hergebruikt werd		
<b>Doel</b>	Evolutie van de zandhopen ter hoogte van het windpark		
<b>Timing</b>	Voor het begin van de werken	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direct na het storten van de zandhopen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een maand na het plaatsen van de zandhopen, na de eerste zware storm (retourperiode 5 jaar) en 1 maand na die storm</li> <li>• Daarna evaluatie</li> </ul>
<b>Methode</b>	Multibeam		
<b>Presentatie</b>	Rapport Jaar 0	Rapport na werken	Rapport na de metingen

Tabel 6.4: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van hydrodynamica en sedimentologie: evolutie van de erosie

	Baseline	Constructiefase	Exploitatiefase
<b>Onderwerp</b>	Evolutie van de bathymetrie		
<b>Doel</b>	Evolutie van de bodem ter hoogte van het windpark, controle van het mogelijke ontstaan van erosieputten en van secundaire erosieputten en –geulen		
<b>Timing</b>	Voor het begin van de werken	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direct na het plaatsen van de palen of gravitaire funde-ringen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een maand na het plaatsen van de palen, na de eerste zware storm (retourperiode 5 jaar) en 1 maand na die storm</li> <li>• Jaarlijks gedurende de eerste drie jaren</li> <li>• Daarna 1 keer per vijf jaar</li> </ul>
<b>Methode</b>	Multibeam		
<b>Presentatie</b>	Rapport Jaar 0	Rapport na werken	Rapport na de metingen

Tabel 6.5: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van hydrodynamica en sedimentologie: bedekking van de kabels

	Baseline	Constructiefase	Exploitatiefase
<b>Onderwerp</b>	Evolutie van de bodem ter hoogte van de kabels		
<b>Doel</b>	Evolutie van de bodem ter hoogte van het kabeltracé, verzekering van de bedekking van de kabels		
<b>Timing</b>	Voor het begin van de werken	Niet van toepassing	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na de eerste zware storm (retourperiode 5 jaar) en 1 maand na die storm.</li> <li>• Jaarlijks gedurende de eerste vijf jaren</li> <li>• Daarna evaluatie</li> </ul>
<b>Methode</b>	Multibeam		
<b>Presentatie</b>	Rapport Jaar 0		Rapport na elke campagne

## 6.7 Evaluatie WEC pilootproject

Tijdens de pilootfase dient nagegaan te worden hoe de gebruikte toestellen de turbiditeit en erosie beïnvloeden. Dit is nodig om de mogelijke impact van de volledige ontwikkeling van WEC's in het projectgebied degelijk te kunnen inschatten.

In principe worden er geen bijkomende effecten verwacht, die belangrijker zijn dan de effecten van de windturbines. De meest belangrijke effecten kunnen verwacht worden bij de installatie van de Wavestar WEC's, aangezien in dat geval verschillende monopiles worden geïnstalleerd, met gelijkaardige effecten als de monopiles voor de windturbines. In dat geval is het nodig dat het mogelijke ontstaan van erosieputten wordt gecontroleerd, die de stabiliteit van de monopiles in het gedrang zou kunnen brengen. Deze monitoring is gelijkaardig als de monitoring voor de windturbines (zie 6.6.3).

Verder is het ook mogelijk dat er sedimentpluimen zullen ontstaan rond de monopiles van de Wavestar WEC's. Dit zal echter onderzocht worden in het kader van de monitoring van de sedimentpluimen rond de windturbines (zie 6.6.2).



## 7. Geluid en seismisch onderzoek

- Voor wat betreft onderwatergeluid zal het geluidsniveau veroorzaakt door een verhoogde intensiteit van scheepvaart, baggerwerken, plaatsing van een gravitaire fundering, gebruik van de suction bucket techniek en storten van erosiebescherming, beperkt zijn. De mogelijke effecten van deze activiteiten, zijn voor wat betreft hun geluidsemissies aanvaardbaar voor alle configuraties.
- Ook de installatie van de park-, verbindings- en/of exportkabels zal op een aantal manieren een toename van het geluidsdrukkniveau veroorzaken: door het jetten of trenchen van de kabel(s), het storten van erosiebeschermingsstenen, door het geluid van de schepen betrokken bij de werkzaamheden en mogelijk door het ‘pre-sweepen’ van delen van het tracé;
- Indien er palen geheid worden, zal het hierdoor veroorzaakte onderwatergeluid van een niveau zijn waarbij significante effecten optreden bij vissen en zeezoogdieren en mogelijk ook andere componenten van het ecosysteem. Deze effecten kunnen optreden over een zeer groot, grensoverschrijdend gebied. Het heien van monopile en jacket funderingen is bijgevolg enkel aanvaardbaar mits een strikte inachtnaam van mitigerende maatregelen, voorwaarden en een intensief monitoringsprogramma. Indien aan deze vereisten voldaan wordt, valt het niet te verwachten dat er significante en langdurige effecten zouden optreden in de NATURA 2000 gebieden in Belgische en buitenlandse wateren.
- Het onderwatergeluid van zowel de windturbines als de WEC's, en de effecten ervan tijdens de exploitatiefase vormen een leemte in de kennis, maar eventuele effecten blijven hoogstwaarschijnlijk beperkt tot een aantal gevoelige soorten binnen het concessiegebied en anderzijds de locatie van eventuele onderhouds- en herstelwerkzaamheden. Gezien dit een leemte in de kennis betreft, dient ook hier een monitoring te worden uitgevoerd.
- Gezien de beperkte geluidsniveaus en de afstand tot de kust, zijn de potentiële effecten van het geluid boven water voor alle scenario's en technieken aanvaardbaar.
- Het seismisch onderzoek is plaatselijk en sterk beperkt in tijd. Vandaar dat het project, mits het naleven van de bestaande wetgeving en een aantal voorwaarden, voor wat betreft het uitvoeren van seismisch onderzoek aanvaardbaar is.

### 7.1 Inleiding

#### 7.1.1 Onderwatergeluid

De wereldwijde toename van het onderwatergeluid geproduceerd door menselijke activiteiten wordt beschouwd als een potentiële bedreiging voor het mariene milieu. Boyd *et al.*, (2008) identificeerden de volgende menselijke activiteiten die onderwatergeluid produceren op een niveau dat mogelijk schadelijk kan zijn voor het mariene leven: explosies, hei-activiteiten, intense laag- en midden-frequente sonar, dreggen, boren, over de bodem gesleept vistuig, scheepvaart, akoestische afschrikmiddelen, overvliegende vliegtuigen (inclusief supersonische knallen), en luchtpistolen. Op Europees niveau wordt deze problematiek o.a. aangekaart in de Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (MSFD). De MSFD definieert de goede milieutoestand voor energie, waaronder onderwatergeluid als volgt: “toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid, is op een niveau dat het mariene milieu geen schade berokkent”. België heeft volgende milieudoelen en daarmee samenhangende indicatoren gedefinieerd voor onderwatergeluid (Belgische Staat, 2012a):

- Het niveau van antropogene impulsgeluiden is lager dan 185 dB re 1  $\mu$ Pa (nul tot piekniveau) op 750 m van de bron.

- Geen positieve tendensen in de jaarlijkse gemiddelde omgevingslawaaniveaus binnen de 1/3-octaaftanden 63 en 125 Hz.

Het eerste milieudoel is van toepassing op de relatief kortstondige geluidsdruk van impulsgeluiden (dus ook heigeluid). Het andere betreft het aanhoudende achtergrondgeluid.

### 7.1.2 Geluid boven water

De bouw en exploitatie van offshore windparken zal geluid boven het water genereren dat zich voortplant in de atmosfeer. De hoogste geluidsniveaus kunnen verwacht worden tijdens de bouwfase van het windpark, in het bijzonder als er geheid zal worden. In mei 2011 werd dit geluidsniveau bepaald tijdens het heien van de pinpiles van de jacket funderingen van C-Power, dit synchroon met de metingen van het onderwatergeluid (Dekoninck en Botteldooren, 2011). Een maximale geluidstoename met pieken tot meer dan 90 dB(A) werd geregistreerd op 280 m afstand van de werken. In vergelijking met het achtergrondgeluid werd er op deze afstand een toename van 56 naar 83 dB(A) vastgesteld in de L5\_1S<sup>4</sup>. Deze geluidstoename is echter beperkt tot de periode waarin effectief geheid wordt (zie hieronder).

Ook tijdens de operationele fase (~20 jaar) wordt een verhoging van het geluidsniveau waargenomen. Dekoninck en Botteldooren (2010) konden een geluidsniveau van 50 dB (A) opmeten op enkele tientallen meter afstand van een operationele windturbine op de Thorntonbank en dit voor de frequentie van 1,25 kHz. Daarnaast werd het operationeel geluid van de windturbines bij verschillende weersomstandigheden gemeten met behulp van een vaste meetpost op het platform onderaan één van de 5MW turbines op de Thorntonbank (Dekoninck en Botteldooren, 2010). Een toename van de geluidsdruk proportioneel aan de windsnelheid en dus ook de omwentelingssnelheid van de wieken werd waargenomen. Het geluidsniveau bereikte een maximum van 65 dB(A) voor een windsnelheid van 12 m/s hetgeen overeenkwam met de maximale productie tijdens de periode van de metingen. Let wel, geluid boven water en onderwatergeluid worden niet gemeten met dezelfde eenheden. Een geluidsniveau van 65 dB (A) is vergelijkbaar met het geluid geproduceerd door een zware vrachtwagen die op 300 m afstand aan een snelheid van 50 km/h voorbij komt gereden. De afstandsdemping zorgt er voor dat op 500 meter van windturbines het geluid sterk afneemt (tot op een niveau vergelijkbaar met het achtergrondgeluid).

Ook de installatie en exploitatie van WEC's zal geluid boven het water genereren dat zich voortplant in de atmosfeer. Aangezien gelijkaardige technieken gebruikt kunnen worden om de zowel WEC's als funderingen te installeren (baggerwerkzaamheden, heien) valt het te verwachten dat een gelijkaardige verhoging van het achtergrondgeluid zal optreden. Het operationeel geluid vormt ook hier een leemte in de kennis, maar grote geluidstoenames worden niet verwacht.

### 7.1.3 Seismisch onderzoek

Het brongeluidsniveau (nul tot max. level) bij seismisch onderzoek zoals bij olie- en gasexploratie bedraagt 211-256 dB re 1µPa (OSPAR, 2009a). De piekniveaus liggen bij deze bronnen meestal bij frequenties lager dan 250 Hz, met pieken in energie tussen 10 en 120 Hz (OSPAR, 2009a). Sparkers, boomers en pingers worden gebruikt bij de karakterisatie van zachte sedimenten in ondiep water. Ze werken meestal bij hogere frequenties (0.8 tot 10 kHz), gezien een hoge resolutie vereist wordt in plaats van diepe penetratie, en worden gekarakteriseerd door bronniveaus (@1 m) van 204-220 dB (rms) re 1µPa (OSPAR, 2009a). Bij de voorbereidingsfase van het Mermaid project zal bijkomend

<sup>4</sup> De L5\_1S is de hoogste 5 percentiel van het opgenomen geluidsniveau binnen een periode van 1 seconde (over een totaal van 600 opnames).



geofysisch onderzoek uitgevoerd worden in het voorziene windpark en langs het traject van de kabels (IMDC, 2014a).

## 7.2 Te verwachten effecten windpark

### 7.2.1 Onderwatergeluid

Het onderwatergeluid veroorzaakt door de bouw, de exploitatie en in de toekomst ook de ontmanteling van offshore energieparken en de ecologische impact van dit onderwatergeluid worden momenteel intensief onderzocht (Huddelston, 2010). Wanneer dit onderwatergeluid wordt geëvalueerd, moeten vier verschillende fasen tijdens de levenscyclus van een offshore windpark worden onderscheiden: (1) vóór de constructie - de referentiesituatie, (2) de bouwfase, (3) de exploitatiefase en (4) de ontmantelingsfase (Nedwell et al., 2004).

Voor het Belgische deel van de Noordzee (BDNZ) werden reeds verschillende studies uitgevoerd over de eerste drie fasen.

De referentiesituatie op de Thorntonbank en de Bligh Bank werden gedocumenteerd in respectievelijk Henriët *et al.*, (2006) en Haelters *et al.*, (2009). Beide referentiesituaties resulteerden in gelijkaardige spectra met een geluidsdruk niveau (SPL - Sound Pressure Level, nul tot piekniveau) net boven de 100 dB re 1  $\mu$ Pa voor de Thorntonbank en net onder de 100 dB re 1  $\mu$ Pa voor de Bligh Bank. In gelijkaardige meteorologische omstandigheden werd ook op de Lodewijkbank een gelijkaardig spectrum en geluidsdruk niveau gemeten (Alain Norro, unpublished data).

De bouwfase werd gedocumenteerd in Haelters et al., (2009) voor de zes windturbines met GBF op de Thorntonbank en in Norro et al., (2010, 2013a) voor het heien van monopile en jacket funderingen op respectievelijk de Bligh Bank en Thorntonbank.

De eerste metingen van het geluid van windturbines tijdens de operationele fase demonstreren een beperkte toename van de geluidsdruk die niet verder reikt dan het concessiegebied (Norro *et al.*, 2013).

Op dit moment is er weinig gekend over de mogelijke toename in het geluidsdruk niveau tijdens de ontmantelingsfase van windparken. Desalniettemin worden er, afhankelijk van de gebruikte technieken, belangrijke, maar kortstondige stijgingen in geluidsdruk verwacht.

#### 7.2.1.1 Constructiefase

Op basis van de metingen op de Thorntonbank werd besloten dat de installatie van GBF niet beschouwd dient te worden als een activiteit die een grote toename van het geluidsdruk niveau tijdens de bouwfase veroorzaakt (Norro *et al.*, 2013).

Zoals vermeld in het MER (IMDC, 2014a) wordt de belangrijkste impact veroorzaakt tijdens het heien in de bouwfase. Tijdens het heien werd een maximale geluidsdruk (nul tot piekniveau op 750 m van de bron) gemeten variërende van 172 dB re 1  $\mu$ Pa voor pinpalen (1,8 m diameter, C-Power) tot 194 dB re 1  $\mu$ Pa voor monopalen van 5 m diameter (Belwind & Northwind, Norro 2013). Sound exposure levels (SEL) werden berekend en zijn voor dezelfde metingen respectievelijk 151 dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>s en 166 dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>s. Hierbij dient rekening gehouden te worden dat bij de bepaling van de impact van onderwatergeluid op mariene leven, de blootstellingstijd aan dit onderwatergeluid een

belangrijke rol speelt. De gemiddelde tijd vereist voor het heien van een jacket fundering (met vier pinpiles) was ~2,5 keer langer dan voor een monopile fundering.

Over de geluidsniveaus veroorzaakt bij het gebruik van de suction bucket techniek is weinig bekend, maar het valt te verwachten dat deze beduidend lager zullen zijn dan tijdens het heien.

Nehls et al. (2007) en Betke (2008) vergelijken het heigeluid in 10 sites gelegen in Duitsland, Nederland, het Verenigd Koninkrijk en België (Tabel 7.1). De velddata werden genormaliseerd naar 750 m afstand. Het piekniveau  $L_{z-p}$  varieerde van 183 dB re 1  $\mu$ Pa voor een paal van 0,9 m diameter (Jade haven constructie in Duitsland, 2005) tot 200 dB re 1  $\mu$ Pa voor een paal van 4m diameter (Q7 windpark in Nederland). Al deze waarden werden verkregen voor heien zonder mitigerende maatregelen.

Tabel 7.1. Vergelijking van het onderwatergeluid bij het heien tijdens de bouwphase zonder mitigerende maatregelen. Nul tot piek niveau ( $L_{z-p}$ ) in dB re 1  $\mu$ Pa genormaliseerd naar 750m en Sound exposure level (SEL) in dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>s (aangepast van Betke (2008) met data van Norro et al (2013), de Jong en Ainslie (2008), en Theobald et al., 2011 voor het Sheringham shoal windpark.)

Locatie	Diameter van de paal (m)	Max SEL (750m) re 1 $\mu$ Pa <sup>2</sup> s.	$L_{z-p}$ 750 m re 1 $\mu$ Pa
Port construction, 2005	0,9	157	183
Port construction, 2005	1	159	185
Fino 1, 2003	1,6	162	184
C-Power phase 2&3, 2011	1,8	178	189
Alpha Ventus, 2008	2,7	174	199
Utgrunden, 2000	3	166	n/a
Sky 2000, 2002	3	163	189
Fino 2, 2006	3,3	169	189
Amrumbank West, 2005	3,5	171	191
Horns Rev II, 2008	3,9	176	195
North Hoyle, 2003	4	n/a	194
Q7, 2007	4	177	200
Barrow, 2005	4,7	n/a	195
Fino, 2008	4,7	172	196
Belwind, 2010	5,0	166	194
Sheringham Shoal, 2011	5,1	n/a	198
Northwind, 2013	5,0	n/a	196

Algemeen kan gesteld worden dat er een toename is in het geluidsdrukniveau met een toename in de diameter van de geheide paal. Een poging om een relatie te vinden tussen de diameter van de paal en het geproduceerde piekniveau werd ondernomen door Parvin et al. (2006), geciteerd in Nehls et al. (2007). Volgend lineair model werd verkregen:  $L_{z-p} @ 750m = 185.5 + 2.4 \cdot (Pile\ diameter\ in\ m)$

Indien we deze lineaire vergelijking toepassen op een monopaal van 7 m diameter (maximale waarde voorzien in dit project) wordt een  $L_{z-p}$  verkregen van ongeveer 202dB re 1  $\mu$ Pa op 750 m afstand terwijl voor de 2,5 m diameter pinpile die voorzien wordt in dit project, een waarde van 191 dB re 1  $\mu$ Pa op 750 m afstand wordt verkregen. Het is duidelijk dat bij gebruik van dergelijke afmetingen

voor de palen mitigerende maatregelen zullen moeten worden gebruikt om het onderwatergeluid niveau dat gegenereerd wordt tijdens de bouw, onder de door België vooropgestelde limiet van 185dB re 1  $\mu$  Pa op 750 m te krijgen/houden.

Er bestaan oplossingen om de geluidsdruk niveaus van het heien te beperken (Salee, 2011; Luke et al, 2011, Nehls et al., 2007, OSPAR\_ICG\_Noise & Germany, 2014). Water is een dicht en bijna onsamendrukbaar medium en een verzwakking van het geluid is mogelijk indien een tweede, meer samendrukbaar en minder dicht medium kan worden geïnstalleerd in het pad van de geluidsvoortplanting. Dit werd reeds getest op zee door gebruik te maken van gordijnen die werden ingezet rond de palen en die gemaakt waren van luchtballen of schuim (Nehls et al, 2007). Een vermindering van ongeveer 20dB re 1  $\mu$  Pa werd bekomen met deze techniek. De sterke getijdestroom aanwezig in het gedeelte van het BDNZ zone waar het Mermaid windpark zou worden geïnstalleerd, vormt een extra moeilijkheid voor het gebruik van dergelijke technieken, maar een aangepast ontwerp van het luchtbellengordijn is mogelijk (Lucke et al., 2011). Een andere methode is het plaatsen van een akoestisch absorberende omhulsel (sleeve) rond de paal, (Nehls et al , 2007 en Saleem, 2011). Deze laatste methode kan een geluidsreductie van 20 tot 25dB re 1  $\mu$ Pa geven voor de lage frequenties waarbij het hoogste geluidsniveau geproduceerd wordt. Voorbeelden van andere technieken worden besproken in Wilke et al. (2012) en Pehlke et al. (2013). Andere mitigerende maatregelen, zoals het gebruik van akoestische afschrikmiddelen (Gordon et al., 2007) en seizoensale heibeperkingen, worden besproken in het hoofdstuk zeezoogdieren. Dergelijke mitigerende maatregelen moeten gebruikt worden wanneer het geproduceerde geluid de maximum toegelaten nul tot piek niveau van 185dB re 1  $\mu$ Pa op 750m bereikt. Uit de hierboven gemaakte berekeningen valt af te leiden dat dit het geval is voor alle opgegeven configuraties die heien vereisen.

Ook de baggerwerkzaamheden vereist voor de installatie van de kabels en bij eventuele nivellering van de zeebodem zullen een verhoging van het onderwatergeluid veroorzaken. Bronniveau's voor een baggerschip werden gevonden in Robinson et al (2011) en zijn veel lager dan de brongeluiden geproduceerd bij het heien. Afhankelijk van het type baggervaartuig werden brongeluidsniveaus vastgesteld tot ~180 dB re 1  $\mu$ Pa @ 10 kHz resulterend in een verhoging t.o.v. het achtergrondgeluid met 30 tot 40 dB re 1  $\mu$ Pa op 100 m van de bron (Robinson et al., 2011). Op basis van de indicatieve tijdsaanduiding van de werken aangeleverd in het MER kan men verwachten dat deze verhoging van het omgevingsgeluid enkele maanden in beslag kan nemen.

#### 7.2.1.2 Exploitatiefase

Tijdens de operationele fase van de windparken wordt er slechts een beperkte toename in geluidsdruk verwacht. Niettemin lijkt initieel onderzoek erop te wijzen dat het onderwatergeluid nabij stalen monopile en jacket funderingen onder bepaalde omstandigheden gemiddeld respectievelijk 12 en 6 dB re 1  $\mu$ Pa hoger is dan bij betonnen gravitaire funderingen (die vrijwel geen verhoging veroorzaken van het achtergrondgeluid) (Norro et al., 2013b). Hierbij dient opgemerkt te worden dat een toename met 6 dB een verdubbeling van het geluidsdruk niveau inhoudt. Als deze stijging van het geluidsdruk niveau al een invloed heeft op het gedrag van de zeezoogdieren of vissen dan blijft deze ongetwijfeld beperkt tot de onmiddellijke omgeving van de funderingen. Voor de bruinvis besloten Tougaard en Damsgaard Henriksen (2009), gebaseerd op metingen bij een 2 MW windturbine, dat een dergelijke impact enkel mogelijk is indien de zeezoogdieren heel dicht bij de windturbine naderen ( +/- 50 m).

### 7.2.1.3 Ontmantelingsfase

Ook de ontmantelingsfase van het windpark zal een toename van het onderwater geluidsdrukkniveau veroorzaken. De GBF en suction bucket funderingen kunnen integraal verwijderd worden na gebruik. Aangezien dezelfde technieken gebruikt worden als voor de installatie zal deze activiteit dan ook gepaard gaan met vergelijkbare, beperkte geluidsdrukkniveaus. Het is momenteel niet duidelijk welke technieken gebruikt zullen worden voor de verwijdering van in de bodem geheide monopiles, pinpiles en kabels en bijgevolg kan er nog geen precieze inschatting gemaakt worden van de aard en omvang van deze effecten. Het valt echter te verwachten dat de effecten tijdens de ontmantelingsfase, voor wat betreft onderwatergeluid en de resulterende verstoring van het mariene milieu, vermoedelijk beperkter zullen zijn dan deze tijdens de constructiefase.

### 7.2.2 Geluid boven water

Er wordt geen belangrijke impact voorzien van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het Mermaid energiepark op het geluidsniveau boven water noch op 500 m afstand noch aan de kust op zo'n 20 tot 30 km afstand gelegen van de Belgische windenergiezone. Ook tijdens de constructie, exploitatie en ontmanteling van de Mermaid kabels wordt geen noemenswaardige stijging van het bovenwatergeluid verwacht.

### 7.2.3 Seismisch onderzoek

Potentieel veroorzaakt seismisch onderzoek geluidsniveaus die schadelijk zijn voor biota (Simmonds, 2003 en referenties daarin opgenomen; Bain en Williams, 2006; OSPAR, 2009a). De effecten zijn soortafhankelijk, gebiedsafhankelijk en afhankelijk van de seismische bron. Door blootstelling aan intens geluid kan schade optreden aan het gehoorsysteem van organismen, maar kan ook andere fysische schade optreden, zoals stress en orgaanschade. De mogelijke effecten op zeezoogdieren en de te nemen mitigerende maatregelen worden besproken in Hoofdstuk 10.

## 7.3. *Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject*

### 7.3.1. Onderwatergeluid

Dit project voorziet ook een testfase voor golfenergieconvectoren (WEC's). Er is weinig informatie beschikbaar over het onderwatergeluid geproduceerd tijdens de installatie en exploitatiefase van de types WEC's besproken in het MER. Echter, aangezien gelijkaardige technieken gebruikt kunnen worden om de WEC's te verankeren (baggerwerkzaamheden, heien) valt het te verwachten dat een gelijkaardige verhoging van het achtergrondgeluid zal optreden. Metingen van operationeel onderwatergeluid bij een bestaande schaalmodel van een SeaRay WEC's variëren van 116 tot 126 dB re 1  $\mu$ Pa (in de range van 60 Hz tot 20 kHz) op afstanden van 10 tot 1500 m (Basset et al., 2011). Het operationeel geluid van de Seabased WEC's werden in het Lysekil project onderzocht (Haikonen, 2014). Er werden twee belangrijke operationele geluiden geïdentificeerd (beide met het grootste deel van de energie in frequenties  $< 1$  kHz). De SPL van het geluid schommelde sterk en was afhankelijk van de golfhoogte. Breedband  $SPL_{rms}$  van de metingen varieerde tussen  $\sim 110$  dB en  $\sim 140$  dB re 1  $\mu$ Pa en  $SPL_{peak}$  van specifieke geluiden varieerde tussen  $\sim 140$  en  $\sim 180$  dB re 1  $\mu$ Pa (brongeluid). Het bereik van de hoorbaarheid werd geschat op 1 km tot 15 km, afhankelijk van het soort organisme en afhankelijk van aannames over de propagatie van het geluid. Er werd besloten dat het geluid waarschijnlijk geen negatieve effecten heeft op het gedrag van zeezoogdieren noch de signalen

maskeert, tenzij in de nabijheid ( $< 150\text{m}$ ) van de WEC's bij significante golfhoogten. Zelfs in de directe omgeving van het toestel wordt geen fysieke (gehoor)schade verwacht op vis of zeezoogdieren. Volgens Robinson en Lepper (2013) is de geluidsdruk van WEC's van dezelfde grootteorde als deze voor de scheepvaart en baggeren. Een verhoging van het achtergrondgeluid onder water blijkt echter moeilijk te meten omdat de meeste WEC's tot nog toe geplaatst worden op locaties met een hoge natuurlijke geluidsdruk (sterke golfslag).

### 7.3.2. Geluid boven water

De installatie en exploitatie van WEC's zal ook boven het water geluid genereren dat zich voortplant in de atmosfeer. Aangezien gelijkaardige technieken gebruikt kunnen worden om zowel WEC's als funderingen te installeren (baggerwerkzaamheden, heien) valt het te verwachten dat een gelijkaardige verhoging van het achtergrondgeluid zal optreden. Het operationeel geluid vormt ook hier een leemte in de kennis, maar grote geluidstoenames worden niet verwacht.

## 7.4. *Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten*

Als men besluit om GBF te installeren of de suction bucket techniek te gebruiken dan kan men tijdens de constructie- en ontmantelingsfase gezien de slechts beperkte stijgingen van het geluidsdrukniveau geen cumulatieve noch grensoverschrijdende effecten verwachten op het vlak van onderwatergeluid. Indien echter heiwerkzaamheden van verschillende projecten (Norther, Rentel, Seastar, Mermaid, Northwester2, de Nederlandse parken in de Borssele zone) zouden samenvallen of overlappen dan zal de ruimtelijke omvang en/of onafgebroken periode van de verstoring beduidend toenemen. Anderzijds zou dit er toe leiden dat de duur van de verstoring afneemt. Door technieken toe te passen bij het heien die het niveau van het onderwatergeluid beperken, worden eventuele negatieve grensoverschrijdende effecten van de constructie van het energiepark grotendeels vermeden.

Cumulatief met de andere windparken kan er tijdens de exploitatiefase een grote zone met licht verhoogde geluidsdruk onder water ontstaan. Deze zone blijft beperkt tot de sinds 2004 afgebakende zone voor de bouw en exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen.

Er worden geen significante cumulatieve noch grensoverschrijdende effecten verwacht op het vlak van geluid boven water.

## 7.5. *Besluit*

### 7.5.1 Aanvaardbaarheid

#### *Onderwatergeluid*

Het geluidsniveau veroorzaakt door een verhoogde intensiteit van scheepvaart, baggerwerken, plaatsing van een gravitaire fundering, gebruik van de suction bucket techniek en storten van erosiebescherming, is beperkt. Dit is bovendien een geluid dat tijdelijk voorkomt in een beperkt gebied. Vandaar dat de mogelijke effecten door deze activiteiten, voor wat betreft hun geluidsemissies, aanvaardbaar zijn. Voor wat betreft onderwatergeluid is het gebruik van gravitaire funderingen of de suction bucket techniek minder belastend voor het mariene milieu.

De belangrijkste effecten tijdens de constructiefase zullen zich hoogstwaarschijnlijk situeren indien er palen geheid worden. Het hierdoor veroorzaakte onderwatergeluid is van een niveau waarbij

significante effecten optreden bij vissen en zeezoogdieren en mogelijk ook andere componenten van het ecosysteem. Deze effecten kunnen optreden over een zeer groot gebied en van primaire (dood, verwonding, verstoring van organismen) en secundaire aard zijn (verlies aan habitat, prooiorganismen,...). Zonder mitigerende maatregelen zouden deze effecten ongetwijfeld grensoverschrijdend voorkomen, gezien de ligging van het concessiegebied nabij Nederlandse wateren.

Rekening houdend met de mogelijke effecten zijn de configuraties van het project waarbij gebruik gemaakt wordt van het heien van monopile en jacket funderingen bijgevolg enkel aanvaardbaar mits een strikte inachtnaam van onderstaande voorwaarden en een intensief monitoringsprogramma. Indien aan onderstaande voorwaarden voldaan wordt, valt het niet te verwachten dat er significante en langdurige effecten zouden optreden in de NATURA 2000 gebieden in Belgische en buitenlandse wateren, gezien de afstand van de concessiezone tot deze gebieden.

Het onderwatergeluid, en de effecten ervan tijdens de exploitatiefase zijn weinig bestudeerd, maar blijven hoogstwaarschijnlijk beperkt tot een aantal gevoelige soorten in de onmiddellijke omgeving van de funderingen. Vandaar dat de mogelijke effecten aanvaardbaar geacht worden zonder mitigerende maatregelen. Gezien dit een hiaat in de kennis betreft, dient ook hier een monitoring te worden uitgevoerd.

#### *Geluid boven water*

Gezien de beperkte geluidsniveaus en de afstand tot de kust, zijn de potentiële effecten van het geluid boven water voor alle scenario's en technieken aanvaardbaar.

#### *Seismisch onderzoek*

Het seismisch onderzoek is plaatselijk en sterk beperkt in tijd. Vandaar dat het project, mits het naleven van de bestaande wetgeving en de onderstaande voorwaarden, voor wat betreft het uitvoeren van seismisch onderzoek aanvaardbaar is.

#### *Pilootproject WEC's*

Het geluidsniveau veroorzaakt door de installatie van de WEC's is afhankelijk van de gebruikte technieken. Indien er geheid wordt, dan zullen dezelfde mitigerende maatregelen en voorwaarden van kracht zijn als voor het heien van de funderingen van de turbines.

Het onderwatergeluid geproduceerd door de WEC's, en de effecten ervan tijdens de exploitatiefase blijft een leemte in de kennis, maar het valt niet te verwachten dat er er significante en langdurige effecten zouden optreden. Het WEC pilootproject is bijgevolg aanvaardbaar mits het naleven van de onderstaande voorwaarden.

## 7.5.2 Voorwaarden en aanbevelingen

Enkel de voorwaarden en aanbevelingen met betrekking tot de productie van het geluid worden hier besproken. Voorwaarden en aanbevelingen resulterend uit het effect van onderwatergeluid op zeezoogdieren of vislarven worden respectievelijk in de hoofdstukken Zeezoogdieren en Macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen behandeld.

### 7.5.2.1 Voorwaarden

- Indien geheid wordt, dient de BMM dagelijks op de hoogte te worden gebracht van de locatie, het tijdstip van de start van het heien en het tijdstip van het stoppen van het heien. De

heikalender, waarop de locatie, het tijdstip en het toegepaste vermogen bij het heien vermeld worden, dienen aan het eind van de heiactiviteiten overgemaakt te worden aan de BMM.

- Indien er gekozen wordt om funderingen te heien en indien het onderwatergeluidsniveau (nul tot max. SPL) op 750 m van de bron hoger is dan 185 dB re 1  $\mu$ Pa, dan moeten technieken toegepast worden die het niveau van het onderwatergeluid beperken, of moet het heien vervangen worden door alternatieve technieken die minder onderwatergeluid veroorzaken. Deze technieken moeten vooraf door de BMM goedgekeurd worden.

Voor het bodemonderzoek zijn de volgende bepalingen van toepassing:

- Ten laatste 10 kalenderdagen voor elke survey zal de volgende relevante informatie rechtstreeks aan de BMM overgemaakt worden:
  - naam van schip;
  - haven van vertrek;
  - datum en uur van vertrek;
  - datum van survey;
  - gebruikte toestellen en specificaties (vermogen en frequenties, capaciteit van de luchtkamer, aantal schoten);
  - positie van tracks/transects.
- Tijdens de uitvoering van het seismisch onderzoek kan op vraag van de BMM een waarnemer aan boord van het seismisch vaartuig geplaatst worden en kunnen door de waarnemer ad hoc specifieke richtlijnen worden gegeven;
- Ten minste twee kalenderdagen voor elke survey zal volgende informatie aan het MRCC (met kopie aan MIK) overgemaakt worden:
  - datum en tijdstip van de aanvang van het onderzoek;
  - met welke vaartuigen en met welke middelen welke activiteiten op welk ogenblik gepland zijn;
  - bij het niet ter plaatse blijven voor het uitvoeren van de activiteiten, de geplande vooruitgang van de activiteiten.

#### 7.5.2.2 Aanbevelingen

- Er wordt aanbevolen om maatregelen toe te passen die geluidsemissie beperken aan de bron door de keuze van fundering en dus, indien dit geen andere negatieve milieu-effecten heeft, om gravitaire of suction bucket funderingen te gebruiken, en om palen in te trillen of te boren.
- Indien er gekozen wordt om funderingen te heien dan wordt er aanbevolen om technieken toe te passen bij het heien die het niveau van het onderwatergeluid beperken (vb. gebruik van een bellengordijn, gebruik van een geluidsabsorberende mantel, gebruik van een alternatieve heihamer of aanhouden van een langer contact tussen hamer en paal), of het heien te vervangen door alternatieve technieken die minder onderwatergeluid veroorzaken (vb. suction bucket). Dit zelfs indien het onderwatergeluidsniveau (nul tot max. SPL) op 750 m van de bron lager is dan 185 dB re 1  $\mu$ Pa.
- Het is aanbevolen om als er meerdere technieken mogelijk zijn, deze technieken toe te passen die het minste onderwatergeluid veroorzaken.
- Het is aanbevolen dat de leemtes in de kennis m.b.t. de productie van geluidsniveaus geproduceerd bij de installatie van (elektriciteits)kabels ingevuld worden door karakterisatie van het onderwatergeluid geproduceerd bij de realisatie van dit project.

## 7.6. Monitoring windpark

### 7.6.1 Onderwatergeluid

#### *Referentietoestand*

Gezien de aanwezigheid van andere windparken in de onmiddellijke omgeving van het projectgebied kan men een lichte verhoging verwachten in het achtergrond geluidsdrukkniveau ten opzichte van de referentieniveaus die werden opgemeten voor C-Power fase I en Belwind. Het geluidsdrukkniveau zal minstens één keer gemeten moeten worden volgens de nieuwe versie van de meetprotocols zoals gebruikt voor C-Power en Belwind (Henriet *et al.*, 2006, Haelters *et al.*, 2009).

#### *Constructiefase*

Het aantal en het formaat van de te heien palen is op dit ogenblik nog niet gekend en de monitoring die hierna wordt voorgesteld, houdt dan ook rekening met het worst case scenario. Indien er palen geheid worden tijdens de constructiefase, dan moet het geluid van het heien en het effect van de mitigerende maatregelen worden gemeten door middel van één of meerdere autonoom afgemeerde stations al dan niet in combinatie met een hydrofoon op drift (cfr. Haelters *et al.*, 2009). Dit zowel in de directe omgeving van de werkplek, alsook op grote afstand van de bron. Om veiligheidsredenen wordt een minimale afstand tot de werkzaamheden (het heiplatform) van 500 m genomen. Aangezien dit “far field” metingen betreft en rekening houdend met de demping van het onderwatergeluid die anders is voor de verschillende frequenties, wordt gekozen om metingen uit te voeren in het spectrum van 10 Hz tot 10 kHz. De positie van de verschillende metingen worden geregistreerd om informatie te bekomen over de voortplanting van onderwatergeluid in de complexe omgeving van het BDNZ. Geluidsmetingen moeten worden uitgevoerd tijdens de installatie van ten minste twee palen van elke grootteklasse. Het doel van de metingen is het bepalen van de verhoging van het geluidsniveau door de werken en het bepalen van het spectrum van het geluidsniveau. Deze monitoring is niet specifiek voor het project Mermaid – ze kadert in de monitoring van dit en de andere windparkprojecten en zal bijgevolg niet in elk park plaatsvinden.

#### *Operationele fase*

Bij het gebruik van stalen funderingen zal het tijdens de operationele fase noodzakelijk zijn om het onderwatergeluid zowel binnen het park als erbuiten te meten (vb. op 500m van het windpark). De monitoring van het onderwatergeluid tijdens de operationele fase zal zich richten op de karakterisering van het geproduceerde geluid in verschillende weersomstandigheden. Hiervoor zullen minstens vier sets van metingen nodig zijn, twee bij matige 3-4 Bft windkracht en twee tijdens een periode met meer wind (deze laatste metingen dienen te worden verkregen vanop een vast meetstation). Net als bij de metingen tijdens de bouwphase dient het spectrum waarover gemeten wordt tenminste 10 Hz – 10 kHz te dekken. Indien verschillende types fundering of turbine gebruikt worden, dienen de metingen voor elk type te worden herhaald en met elkaar worden vergeleken. Waar mogelijk dienen brongeluiden te worden bepaald of afgeleid. Deze monitoring is niet specifiek voor het project Mermaid – ze kadert in de monitoring van dit en de andere windparkprojecten en zal bijgevolg niet in elk park plaatsvinden.

#### *Ontmantelingsfase*

Het is nog niet gekend welke methodes gebruikt zullen worden tijdens de ontmantelingsfase. Gezien de leemte in de kennis is het nodig om ook tijdens deze fase het veroorzaakte onderwatergeluid te karakteriseren. Dezelfde bepalingen als deze gebruikt tijdens het heien kunnen gebruikt worden.

De monitoring wordt samengevat in volgende tabel 7.1:



Tabel 7.1: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van Onderwatergeluid

	Baseline	Constructiefase	Operationele fase	Ontmantelingsfase
<b>Onderwerp</b>	Controle van de verhoging van het onderwatergeluid (bij het gebruik van stalen funderingen)			
<b>Doel</b>	Controle van de verhoging van het onderwatergeluid, tijdens en na de werken, alsook tijdens de ontmantelingsfase			
<b>Timing</b>	Voor het begin van de werken	Tijdens de werken	Bij matige tot sterke wind	Tijdens de ontmanteling
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>metingen door middel van één of meerdere autonoom afgemeerde stations al dan niet in combinatie met een hydrofoon op drift (Haelters <i>et al.</i>, 2009)</li> <li>metingen moeten worden uitgevoerd tijdens de installatie van ten minste twee palen van elke grootteklasse</li> <li>het spectrum waarover gemeten wordt dient tenminste 10 Hz – 10 kHz te dekken</li> <li>metingen zowel in de directe omgeving van de werkplek, alsook op grote afstand van de bron.</li> </ul>			
<b>Presentatie</b>	Rapport en digitale data			

## 7.6.2 Geluid boven water

Op basis van de resultaten van de monitoring van C-Power en Belwind (Dekoninck en Bottledooren, 2010; 2011) werd besloten dat de monitoring van het bovenwatergeluid in het kader het voorgestelde project niet vereist is. De BMM vraagt bijgevolg geen monitoring voor dit onderdeel.

## 7.6.3 Seismisch onderzoek

De effecten van seismisch onderzoek vormen een leemte in de kennis. Echter, gezien de kortstondige aard van dit onderzoek wordt er echter geen aparte monitoring voorzien van de geproduceerde geluidsniveaus.

## 7.7 Evaluatie WEC pilootproject

Indien er bij installatie van de WEC's palen geheid worden tijdens de constructiefase, dan moet het geluid van het heien worden gemeten door middel van één of meerdere autonoom afgemeerde stations al dan niet in combinatie met een hydrofoon op drift (cfr. Haelters *et al.*, 2009).

Het is noodzakelijk om tijdens de operationele fase het door de verschillende types WEC's geproduceerde onderwatergeluid te bepalen.

De doelstellingen en methodiek van de bovenstaande metingen moet voorafgaandelijk aan de BMM voorgelegd worden ter goedkeuring.

Van de studie zal een rapport worden opgesteld dat naast de doelstellingen en de methodiek de verwerkte gegevens voorstelt en bespreekt. Dit rapport wordt uiterlijk 2 maanden na het aflopen van het jaar van de metingen bij de BMM ingediend en zal door de onderzoekers aan de medewerkers van de BMM op een vergadering voorgesteld worden. Met het rapport worden ook de metingen in elektronische vorm ter beschikking gesteld van de BMM. Van de onderzoekers wordt een actieve deelname verwacht aan eventuele workshops over de monitoring van de energieparken op het BDNZ, ingericht door de BMM.



## 8. Risico en veiligheid

- De exploitatie van een windpark in een zone waar zich momenteel veel scheepvaart bevindt, brengt een aantal extra risico's met zich mee die ook in de reeds vergunde windparken aanwezig zijn;
- De kans op aanvaring- of aandrijfongevallen van schepen met de Mermaid turbines wordt geschat op maximaal 1 op ~20 jaar (configuratie 1 met 80 turbines op een monopile of jacket fundering);
- Als de hele Belgische concessiezone (inclusief de Northwester2 zone) ingevuld wordt dan stijgt de kans op aanvaar- of aandrijfongevallen naar 1 op 4 jaar;
- Gezien de locatie van de Mermaid concessie, op het noordelijke uiteinde van de Belgische concessiezone en op korte afstand van het verkeersscheidingsstelsel, is het niet verwonderlijk dat 31% van de verwachte aanvaringsongevallen met turbines in de Belgische concessiezone in de Mermaid concessie wordt verwacht;
- De realisatie van het Mermaid windpark heeft een verwaarloosbare invloed op het aantal schip-schip aanvaringen op het Belgisch deel van de Noordzee;
- Zonder mitigerende maatregelen neemt de globale kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ als gevolg van het risico op aanvaring met een windturbine van Mermaid toe met ~5.2%;
- Een olielozing in het Mermaid gebied kan een groot gebied verontreinigen en kan, afhankelijk van de weerscondities, de lozingslocatie, het tijdstip van de lozing, het olietype, etc... zowel Belgische als Nederlandse beschermde mariene gebieden bereiken ;
- De activiteit is enkel aanvaardbaar indien de nodige preventie- en voorzorgsmaatregelen genomen worden om de veiligheid verder te verhogen en de kans op een ongeval met eventuele milieuschade tot gevolg te beperken;
- Het risico op aanvaring is gering tijdens de installatie of ontmanteling van de kabels en uiterst gering tijdens de exploitatiefase van deze kabels gezien het lage aantal scheepsbewegingen dat vereist is en dit vooral in de scenario's waarin het kabeltracé geen scheepvaartroutes kruist;
- De exploitatie van elektriciteitskabels in een zone waar bodemberoerende visserij plaatsvindt en schepen kunnen ankeren, brengt een aantal extra risico's met zich mee die ook bij andere reeds vergunde elektriciteitskabels aanwezig zijn;
- De kansen op een scheepsongeval zijn lager voor scenario's met minder kabels aangezien te verwachten valt dat meer kabels (in afzonderlijk sleuven) een langere installatietijd vereisen en dat ook de kans op een ongeval tijdens de exploitatiefase stijgt met het aantal kabels,
- Aangezien er momenteel geen risicoanalyses beschikbaar zijn van de faalfrequentie van de WEC's en er een kans bestaat dat tijdens stormcondities delen van de WEC of gehele WEC's kunnen losslaan of afbreken zal de vergunninghouder voor de installatie moeten aantonen dat de faalkans voldoende klein is en er geen onaanvaardbaar risico bestaat voor het milieu en de veiligheid op zee;
- De kans op aanvaring- of aandrijfongevallen van schepen met het pilootproject van WEC's wordt geschat op 1 op ~10 jaar voor een pilootproject gelegen aan de westelijke kant van de concessie en 1 op ~20 jaar voor een pilootproject dat centraal in de concessie gelegen is;
- Het Mermaid project is voor wat betreft risico en veiligheid aanvaardbaar voor zowel het windpark als het pilootproject met WEC's, mits het strikt naleven van een aantal voorwaarden met betrekking tot de ingraving van de kabels, veiligheid tijdens de werkzaamheden en exploitatiefase;

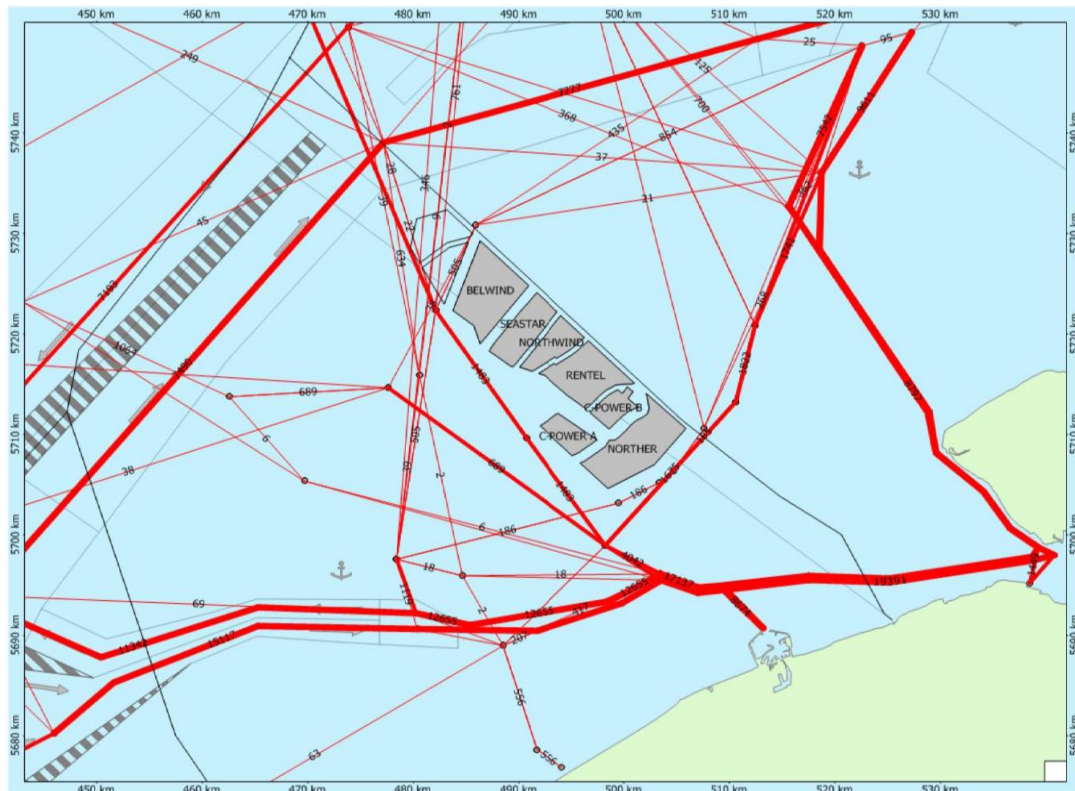
- Wat betreft de te gebruiken technieken en configuraties zijn de aanvarings- en aandrijfkansen het laagst in scenario 3 (minst aantal turbines), maar wordt de minste gevolgschade verwacht indien monopile funderingen gebruikt zouden worden (scenario 1 en 2),
- Wat betreft risico en veiligheid wordt het laagste ecologische risico verwacht voor scenario 2 in combinatie met monopile funderingen, een pilootproject met WEC's dat in het centrale of oostelijke deel van de concessie gelegen is en één exportkabel vertrekkende vanaf een OHVS gelegen in de concessiezone.

## 8.1 Inleiding

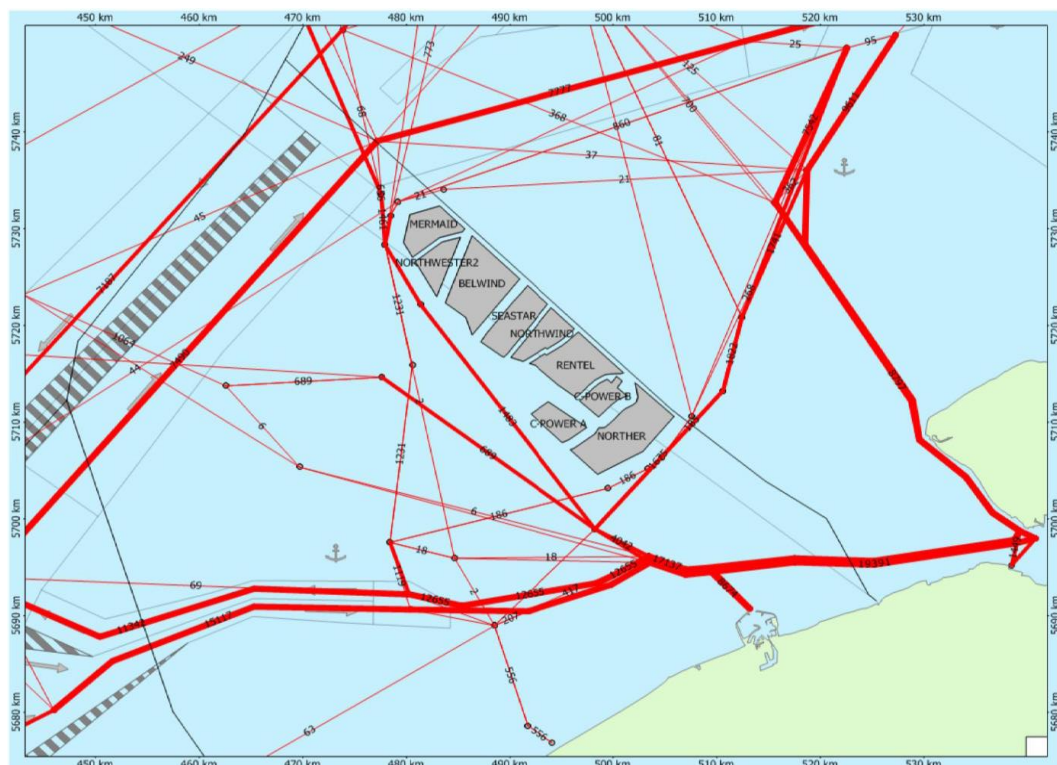
Dit hoofdstuk behandelt de te verwachten effecten van het project op het mariene milieu ten gevolge van defecten, ongevallen en rampen. Het is dus van groot belang te weten hoe de aanwezigheid van het windpark, het WEC pilootproject en de verbindingkabels, van bouw tot exploitatie en ontmanteling, specifieke risico's op verontreiniging met zich meebrengen, en hoe ze de bestaande risico's (meestal in verband met scheepvaart) wijzigen. De te onderzoeken effecten op het gebied van veiligheid worden niet beperkt tot het natuurgedeelte van het milieu, maar breiden zich uit tot de mens en materiële goederen. De effecten op radar, scheepscommunicatie en scheepvaart vallen in de categorie van effecten van het Mermaid project op menselijke activiteiten, maar worden in dit hoofdstuk behandeld gezien het nauwe verband met de scheepvaartveiligheid. De aanwezigheid van schadelijke stoffen in het park of de kabels wordt apart in hoofdstuk 9 behandeld.

### 8.1.1 Scheepvaartroutes

De scheepvaartroutes in de zone rond het Belgische concessiegebied zullen zich aanpassen conform Figuur 8.1 wanneer de zes reeds volledig vergunde windparken worden gebouwd. De routes die in het Figuur 8.1 doorheen Mermaid gaan worden daarbij omgelegd via het noorden omheen Mermaid. Omdat de afstand tussen de windparken en het voorzorgsgebied, waar verplicht ingevoegd moet worden in het verkeersscheidingsstelsel Noordhinder Zuid, veel kleiner wordt, worden de verkeersstromen meer gestroomlijnd. Waar voorheen kruisende routes voorkwamen ten noorden van Belwind, worden na sluiting van de Mermaid zone deze scheepsbewegingen geconcentreerd in een kleiner aantal verkeerslinken (IMDC, 2014a). Hierdoor worden risicovolle kruisingen herleid naar veiliger inhaalmanoeuvres.



Figuur 8.1 Aanduiding van de scheepvaartroutes die zich zullen vormen na realisatie van de zes reeds volledig vergunde windparken (Marin, 2014).



Figuur 8.2 Aanduiding van de scheepvaartroutes die zich zullen vormen na realisatie van de acht voorziende windparken (Marin, 2014)..

Door het steeds meer toenemend multifunctionele gebruik van de zee is het vraagstuk van de scheepvaartveiligheid zeer actueel geworden. Hierdoor dient er te worden nagegaan welk effect deze evoluties hebben op de veiligheid en of er mitigerende maatregelen kunnen worden genomen die het veiligheidsniveau aanvaardbaar maken. Om op dit vraagstuk een antwoord te kunnen geven en om maatregelen voor te stellen aan de bevoegde regeringen, werd een vergadering van experts uit de Belgische federale overheidsdiensten, de Nederlandse administraties en de Vlaamse diensten opgericht (Nautische adviesgroep). Deze vergadering heeft als doel de effecten van de verschillende beslissingen of evoluties op het scheepvaartverkeer na te gaan en indien nodig, in het kader van de scheepvaartveiligheid, maatregelen voor te stellen aan de bevoegde regeringen.

De Nautische Adviesgroep heeft recent de eerste mogelijke veiligheidsmaatregelen bestudeerd nl. het instellen van nieuwe scheepsroutingssystemen die het scheepvaartverkeer rond de kritische zones zoals de zone voor hernieuwbare energie beter moet stroomlijnen en een veiligere doorgang moet mogelijk maken. De Nautische adviesgroep heeft zich hierbij vooral gefocust op drie belangrijke gebieden waaronder ook de noordkant van de zone voor hernieuwbare energie (Mermaid domeinconcessie).

Dit resulteert in een voorstel van scheepvaartrouteringssysteem in de voormelde zones die er op gericht zijn om het huidige en toekomstige verkeer beter en veiliger te laten verlopen (Figuur 8.3). Op dit moment is de hele zone voor hernieuwbare energie ingesteld als voorzorgsgebied, rekening houdend met een veiligheidsafstand van 500 meter rond elke vaste constructie, zoals vastgelegd in het KB veiligheidsafstanden van 11 april 2012. Aan de Noordelijk kant van dit voorzorgsgebied is er scheepvaartverkeer met een Noordelijke bestemming, komende uit een Belgische kusthaven of komende uit het Noorden en gaande naar een Belgische kusthaven. De schepen varen zo dicht mogelijk, in beide richtingen, tegen de grens van het voorzorgsgebied om zo gebruik te kunnen maken van het voorzorgsgebied Northhinder en bijgevolg niet in het Traffic Separation Scheme Northhinder te moeten varen.

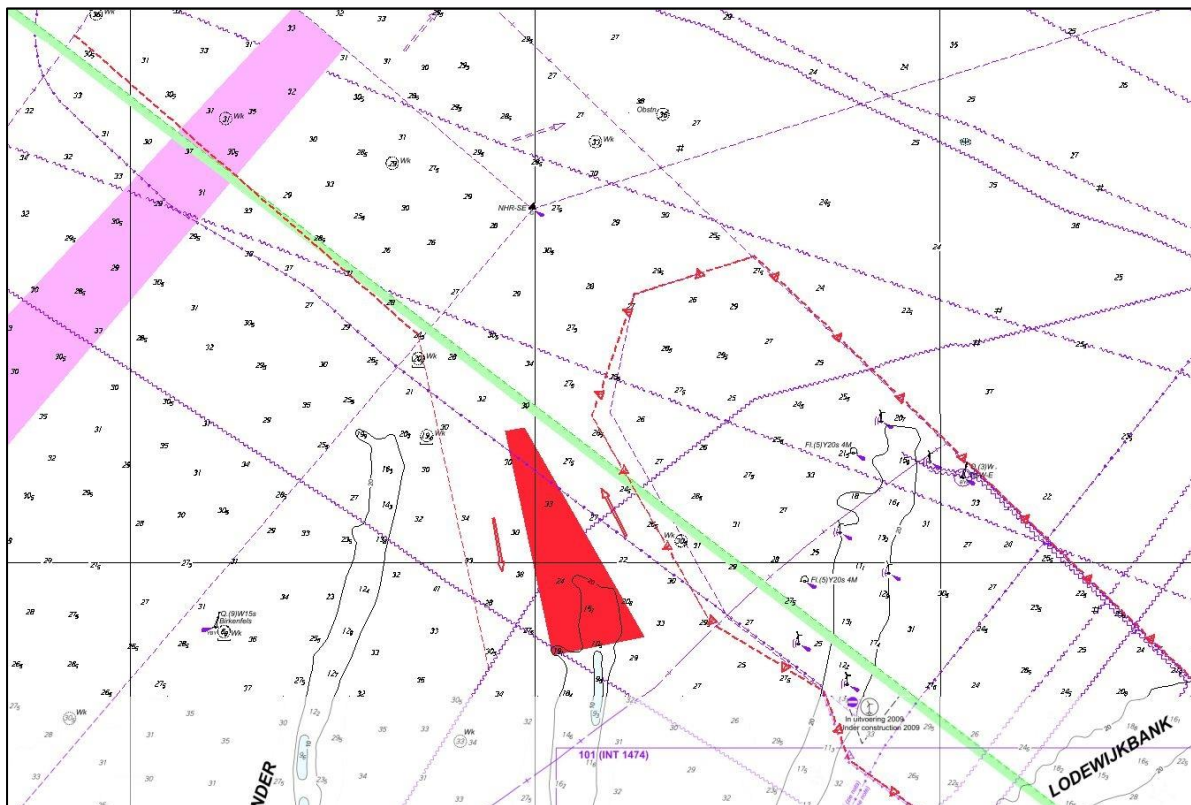
Het risico op een kop – kop aanvaring in dit gebied is hoog. Zeker gelet op het feit dat eenmaal alle windturbines geplaatst zullen zijn, de zichtbaarheid aanzienlijk zal afnemen. Ook zal het verkeer op deze verkeersstroom naar waarschijnlijkheid toenemen. Nu maken sommige schepen nog gebruik van de mogelijkheid om midden door de zone voor hernieuwbare energie door te varen, richting naar of komende van de loodspost Wandelaar. Dit verkeer zal via een andere weg moeten varen eens met de constructie van de windturbines van de middelste concessies is begonnen. Dit verkeer zal zich waarschijnlijk verplaatsten naar de doorgang aan de Noordkant of via de Westpitroute.

Om al het verkeer vlot te laten verlopen en het risico van een kop – kop aanvaring te minimaliseren, wordt door de Nautische Adviesgroep voorgesteld om een Verkeersscheidingsstelsel in te voeren met een separatie zone. Het uitgaand verkeer wordt geleid langs de rond van het voorzorgsgebied van de windenergiezone. Het inkomend verkeer zal tussen de separatiezone en de TSS Northhinder kunnen binnenvaren. Op deze manier wordt het inkomend en uitgaand verkeer gescheiden en wordt het risico van een kop – kop aanvaring geminimaliseerd.

Uiteraard moeten de uitgaande schepen voldoende veilig de windenergiezone kunnen ronden. Om deze schepen voldoende ruimte te geven om hun manoeuvre te maken en om een grotere veiligheidszone te bieden in het geval van een calamiteit wordt er voorgesteld om het voorzogsgebied vanaf de uiterste palen van de windenergiezone aan de westelijke kant van de domeinconcessie Mermaid vijfhonderd meter verder naar het Westen te leggen. Zo wordt er een veiligheidszone van meer dan 1000 meter breed gecreëerd wat meer veiligheid biedt in het geval van

een calamiteit of bij een noodmanoeuvre. Het is wel de bedoeling dat dit een voorzorgsgebied blijft. Het zal dus ten allen tijden mogelijk blijven om door deze zone door te varen.

Om het inkomend verkeer zich sneller in de juiste richting van de TSS ten noorden van de zone voor hernieuwbare energie te kunnen organiseren en om het uitgaand verkeer makkelijker de correcte koers te laten volgen nadat de TSS aan de noordkant van de zone voor hernieuwbare energie is verlaten, wordt er door de Nautische Adviesgroep voorgesteld om de grens tussen de TSS Northhinder en Precautionary Northhinder verder te verleggen in westelijke richting. Zo sluit het TSS aan de noordkant van de zone voor hernieuwbare energie aan op het voorzorgsgebied Noordhinder. Hierdoor wordt vermeden dat het inkomend of uitgaand verkeer de TSS Northhinder moet kruisen om gebruik te maken van het nieuwe TSS.



Figuur 8.3. Voorstel van de Nautische Adviesgroep tot het instellen van nieuwe aan de noordkant van de zone voor hernieuwbare energie

## 8.2 Te verwachten effecten windpark

De volgende effecten worden besproken:

- industriële risico's;
- invloed van het park op radar en scheepscommunicatie;
- effecten van de voorgenomen activiteiten op de scheepvaart;
- risico's te wijten aan de veranderingen in de scheepvaart;
- risico's gebonden aan de elektriciteitskabels (park- en verbindingkabels).

### 8.2.1 Industriële risico's

De faalkansen van verschillende onderdelen van de windturbines werden door Senternovem onderzocht aan de hand van historische faalgegevens en dit voornamelijk aan de hand van

windturbines op land (Senternovem 2005, in SGS 2007). Hieruit bleek dat de faalfrequentie het hoogst is voor kleine onderdelen uit de gondel; daarvoor bedraagt de verwachtingswaarde 1 falen om de 833 jaar. Enerzijds wordt verwacht dat windturbines veiliger en betrouwbaarder worden ten gevolge van de voortdurende en snelle ontwikkelingen in de windsector, zodat kan verondersteld worden dat de windturbines die aangewend zullen worden in het Mermaid windpark lagere faalkansen zullen vertonen. Anderzijds is gebleken dat de faalfrequentie op zee gevoelig hoger ligt dan op land (o.a. data C-Power, Belwind en ervaringen in het buitenland). Naast de faalkans werd ook de werpafstand van onderdelen (blad of deel van afbrekend blad) onderzocht voor 3MW: de werpafstanden zijn maximaal 300m. Er zijn geen gegevens over de maximale werpafstand bekend voor offshore windturbines met een vermogen groter dan 3 MW. Gezien de eerder beperkte (niet-lineaire) stijging in maximale werpafstand tussen resp. 1 MW, 2 MW en 3 MW, wordt verwacht dat de vandaag gehanteerde veiligheidsafstand (cf. KB van 11/04/2012) van 500 m rondom het windpark voldoende zal zijn voor de volledige range van 4 MW tot 10 MW windturbines, en dat zodoende het risico op accidenten ten gevolge van een weggeslingerde rotorblad gedekt wordt (IMDC, 2014a). De windturbines zijn tevens voorzien van een automatisch brandbeveiligingssysteem en een geïntegreerd concept voor bescherming tegen blikseminslag.

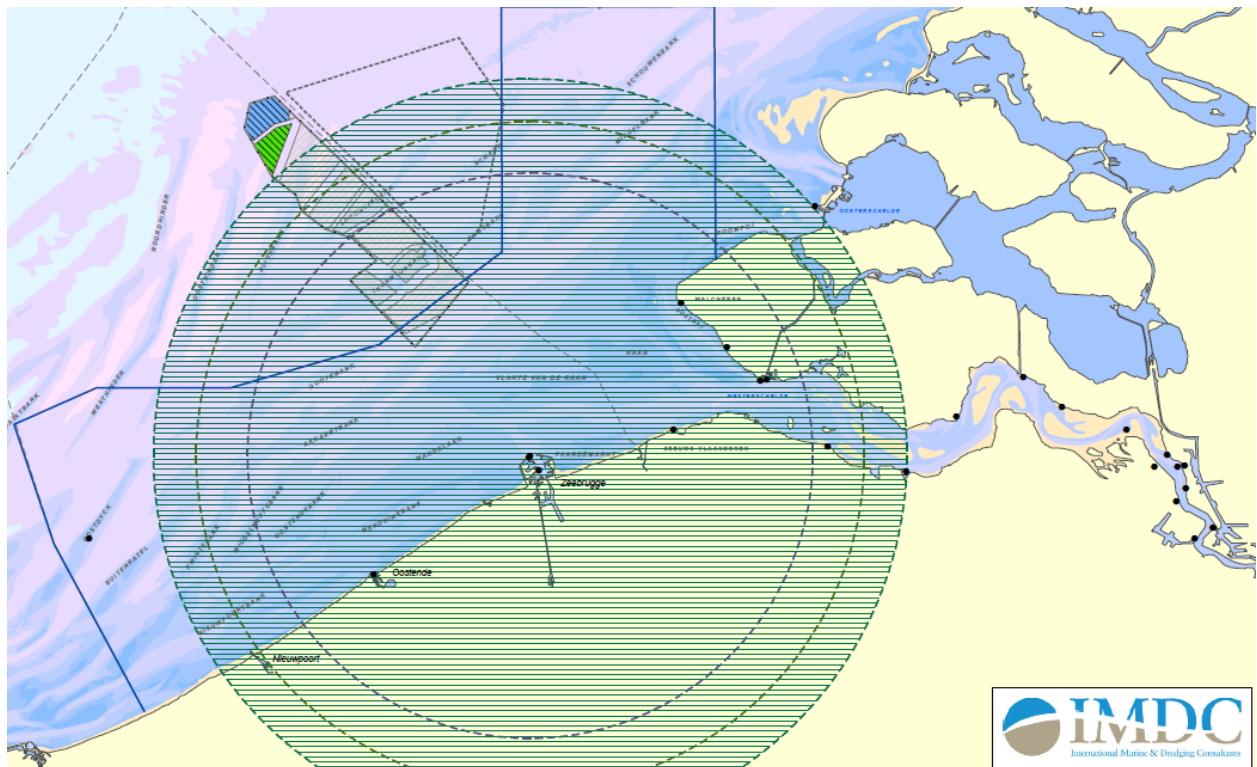
Analyse van de incidenten tijdens de bouwphase van de C-Power en Belwind windparken geeft aan dat operaties in mindere weersomstandigheden verantwoordelijk waren voor een groot deel van de incidenten, naast motorpech, problemen met het design van onderdelen en ervaring van kapiteins. Om toekomstige incidenten te vermijden stelt Mott Mac Donald (2011) voor om een hogere ‘vessel classification standard’ te gebruiken dan dat van de VK Maritime and Coastguard Agency (MCA) om zeker te zijn dat de schepen goed presteren in slechte weersomstandigheden. Voorbeelden van dergelijke standaarden zijn DNV, GL of ABS classificaties.

## 8.2.2 Invloed van het park op radar en scheepscommunicatie

### 8.2.2.1 Invloed op de waarnemingen van de SRK walradarstations

Vrijwel het volledige Belgische concessiegebied ligt buiten het wettelijke werkingsgebied van de SRK walradarketen (Figuur 8.4). In praktijk strekt het feitelijke werkingsgebied zich verder uit en ook de scheepvaart buiten het wettelijke werkingsgebied wordt voor zover mogelijk opgevolgd. De reikwijdte van de SRK radarstations wordt enerzijds bepaald door de effectieve LoS (Line of Sight), en anderzijds door de RCS (Radar Cross Section) van de schepen.





Figuur 8.4 Wettelijk SRK werkingsgebied (afgebakend met donkerblauwe lijn) en de Belgische windenergiezone (zwarte lijn). Drie voorbeelden voor de SRK radar van Zeebrugge omtrent beperking van de reikwijdte in functie van line of sight (LoS) en Radar cross section (RCS) (IMDC, 2014a).

In de Flemtek\_IMDC-studie (2014) opgesteld naar aanleiding van de vergunningsaanvraag van Mermaid werd bepaald dat er zich geen wezenlijke verandering zal voordoen voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft bij een realisatie van de offshore windparken binnen het afgebakende Belgische concessiegebied, en dit zowel vanuit de Vlaamse als de Nederlandse SRK radarstations. Wel werd opgemerkt dat wijzigingen van de secundaire navigatieroutes de nodige aandacht verdienen in verband met de nautische veiligheid en de gerelateerde opvolging van de scheepvaarttrafiek op deze gewijzigde routes.

#### 8.2.2.2 Invloed op de waarnemingen van scheepsradars

In het Verenigd Koninkrijk werden uitgebreide testen uitgevoerd naar de invloed van een bestaand offshore windpark (North Hoyle, 5 rijen van 6 - 2 MW turbines), op radiofonie en scheepsradars (MCA and Qinetiq, 2004). Hieruit werd besloten dat er geen noemenswaardige effecten optraden voor de radiofonie. Ook in Flemtek\_IMDC (2014) werd gesteld dat het met betrekking tot de VHF radiostations er zich geen wezenlijke verandering zal voordoen op Belgisch of Nederlands grondgebied voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft bij een volledige realisatie van alle offshore windparken binnen het afgebakende concessiegebied op het BDNZ. Dit geldt zowel voor de werking van het AIS systeem als voor het RDF systeem. De verwachte wijzigingen in secundaire navigatieroutes rondom de offshore windparken verdienen wel de nodige aandacht in verband met de veiligheid van de scheepvaarttrafiek, waarbij de radio communicatie doorheen de windparken tussen schip en schip gestoord tot onmogelijk zal zijn (Flemtek\_IMDC, 2012). Sinds 2013 is er een extra AIS relaisstation operationeel op het OHVS platform van Belwind. Via dezelfde installatie is er ook een relaisstation voor de VHF kanalen 16 en 97 voor SAR beschikbaar. Momenteel bereikt dit ondersteunend relaisstation het gebied met de verre scheepvaartroutes. Bij een realisatie van de windparken Mermaid en Northwester 2

mag men een behoorlijke schaduwwerking verwachten in noordwestelijke en westelijke richting, zodat enkel een gebied in noordelijke en noordoostelijke richting ondersteund zal blijven (IMDC, 2014a). Daarom is het aangewezen om te voorzien in een bijkomend relaisstation voor zowel de AIS als de VHF communicatie, zodat de dekking naar de verre scheepvaartroutes behouden en gegarandeerd blijft na bouw van Mermaid en Northwester 2 (Flemtek\_IMDC, 2014).

#### 8.2.2.3 Bewaking van de Belgische windparken

Uit Figuur 8.3 blijkt dat er maatregelen getroffen moeten worden om het scheepvaartverkeer te begeleiden aan en rond het meer zeewaarts gelegen gedeelte van de Belgische windenergiezone. Hierbij kan gedacht worden aan een bijkomende radarinstallatie, op een gepaste locatie en met eventueel een beperkte reikwijdte (Flemtek\_IMDC, 2014). Een dergelijke extra radarinstallatie zou ten goede komen van alle offshore windparken (Northwester, C-Power, Rentel, Northwind, Seastar, Belwind, en eventuele andere toekomstige initiatieven).

### 8.2.3 Effecten van de voorgenomen activiteiten op de scheepvaart

Hierboven (8.1.3) werd een overzicht gegeven van de verwachte evolutie van de huidige scheepvaartpatronen na realisatie van enerzijds de reeds vergunde windparken anderzijds de volledige Belgische concessiezone.

Deze scheepsroutewijzigingen zullen leiden tot een toename van af te leggen scheepsmijlen, kosten en CO<sub>2</sub> uitstoot. In het kader van het MER Mermaid werd dit enerzijds berekend voor het BDNZ en anderzijds voor het hele gebied waarin de veranderingen zullen optreden aangezien ook op het Nederlandse en Franse deel van de Noordzee enkele routes zullen verschuiven (Marin, 2014a).

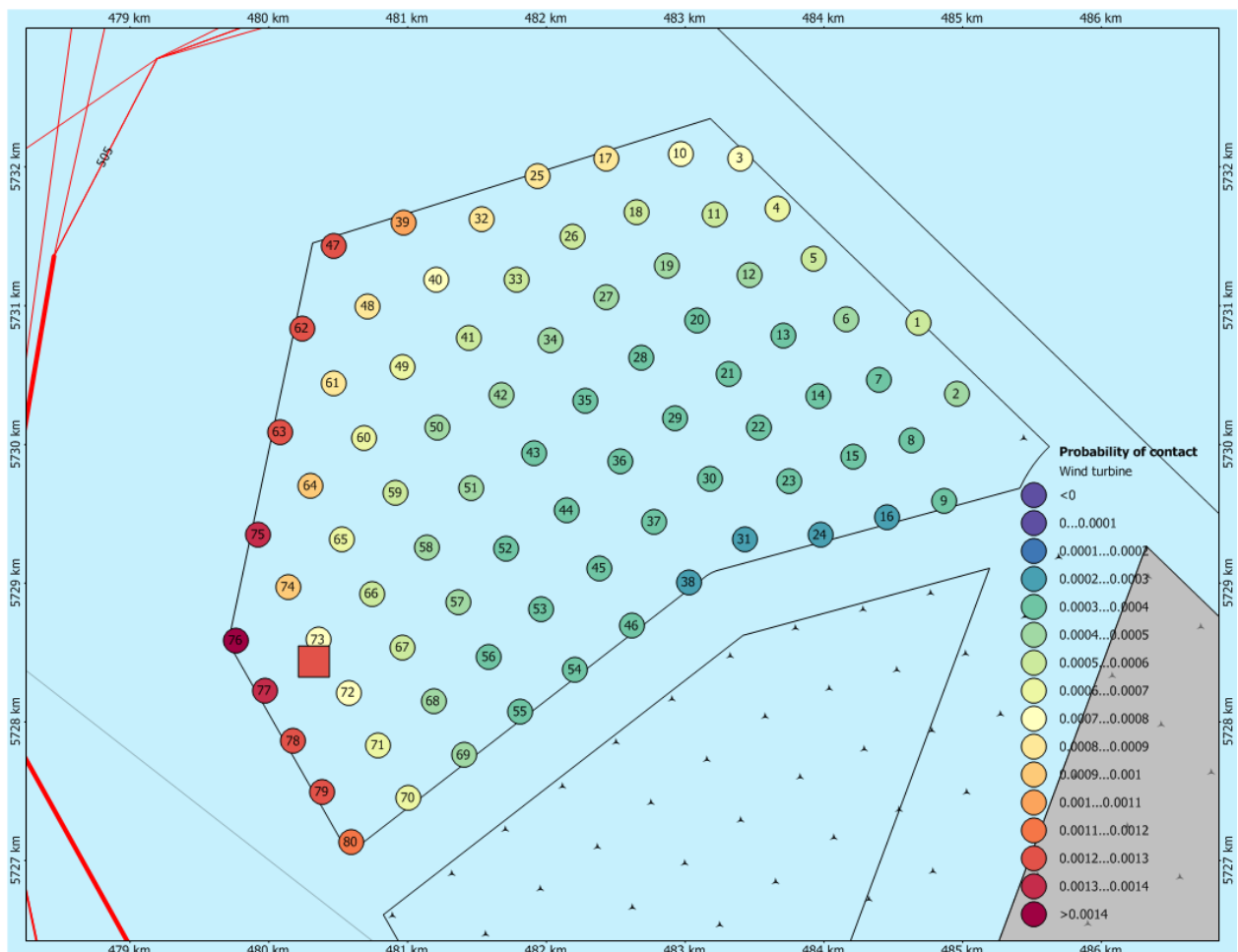
Voor het scenario met de aanwezigheid van acht windparken (van noord naar zuid: Mermaid, Northwester2, Belwind, Seastar, Northwind, Rentel, C-Power, Northwester) lijkt er echter nauwelijks sprake te zijn van een verschil in afgelegde in zeemijlen ten opzicht van een basisscenario met de zes reeds vergunde windparken. Voor het scenario in Figuur 8.2 zouden de kosten van de afgelegde zeemijlen op het BDNZ afnemen met 0.02% ten opzichte van het basisscenario (Marin, 2014a). Over het hele gebied daarentegen is er een toename met 0.1% ten opzichte van het basisscenario (ofte een kost van 345 000 € per jaar). Door de bijkomende scheepvaart zal ook de emissie van broeikasgassen toenemen. In dit geval is de toename aan CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub> uitstoot door omvaren minder dan 1% van de vermeden emissies (zie ook hoofdstuk 5 klimaat en atmosfeer).

### 8.2.4 Risico's te wijten aan de veranderingen in de scheepvaart

#### 8.2.4.1 Aanvaring en Aandrijfrisico's

In de milieueffectenbeoordeling van het Rentel offshore windpark werd een overzicht gegeven van de veiligheidsstudies die het verleden reeds werden uitgevoerd met betrekking tot de gevolgen van de inplanting van offshore windparken in het Belgisch deel van de Noordzee (Rumes *et al.*, 2012a). Het belangrijkste risico dat hier steeds in terugkomt, is het risico op aanvaring en aandrijving van een schip met de turbines van het windpark en de mogelijke gevolgen hiervan. Uit veiligheidsstudie van Marin (2014a) voor het Mermaid project blijkt dat de kans op een aanvaring of aandrijving van een schip met één van de turbines van het Mermaid project relatief hoog is t.o.v. de reeds vergunde parken (Tabel 8.1). De kans op aanvaring- of aandrijfongevallen van schepen met de Mermaid turbines wordt geschat op maximaal 1 op ~20 jaar (configuratie 1 met 80 turbines op een monopile of jacket

fundering). Gezien de locatie van de Mermaid concessie, op het noordelijke uiteinde van de Belgische concessiezone en op korte afstand van het verkeersscheidingsstelsel, is het niet verwonderlijk dat 31% van de verwachte aanvaringsongevallen met turbines in de Belgische concessiezone in de Mermaid concessie wordt verwacht. Enkel in de Norther concessie, op het zuidelijke uiteinde van de Belgische concessiezone en op korte afstand van de Westpit-route is de kans op aanvaring- of aandrijfongevallen hoger (in casu 1 op ~11 jaar, Marin 2011b, 2014a). De windturbines en de meetmast aan westelijke rand van het park hebben een relatief hoge aanvaarkans vergeleken met de overige turbines. Deze turbines liggen het dichtst bij de vaarroutes. De turbines aan de zuidwestelijke rand van het park (tegen het Northwester2 windpark aan) hebben de laagste aanvaarkans. Figuur 8.5 geeft de situatie voor 80 x 3.2 MW. De overige scenario's zijn terug te vinden in Marin 2014a.



Figuur 8.5 Grafische weergave van de aanvaar- en aandrijfkans per windturbine (80 WT x 3.2 MW en monopile fundering)

Het cumulatieve aandrijf/aanvaringsrisico als de hele Belgische windenergiezone ingevuld wordt, komt op 1 ongeval om de 4 jaar. Dit cumulatieve aandrijf/aanvaringsrisico ligt lager dan wat werd becijferd in eerdere studies (Marin, 2011a en b) omdat er rekening gehouden werd met nieuwe data over de omvang en invulling van de individuele projecten alsook met meer recente scheepvaartpatronen. Deze ongevallen omvatten zowel deze met minimale gevolgen als deze met ernstige gevolgen voor het leefmilieu.

Tabel 8.1 Verwachte aanvaringen en aandrijvingen in de Belgische windenergiezone (aangepast van Marin 2014).

Windpark	Aantal aanvaringen (rammen) (per jaar)		Aantal aandrijvingen (driften) (per jaar)		Totaal (per jaar)	Frequentie (in jaar)
	Routegebonden schepen	Niet routegebonden schepen	Routegebonden schepen	Niet routegebonden schepen		
Mermaid 38 <sup>1</sup>	0,0084	0,0025	0,0114	0,0013	0,0236	42,4
Mermaid 80 <sup>2</sup>	0,0169	0,0057	0,0229	0,0025	0,0480	20,8
Norther	0,0261	0,0024	0,0346	0,0028	0,0659	15,2
C-Power <sup>3</sup>	0,0016	0,0007	0,0145	0,0014	0,0182	54,9
Rentel	0,0001	0,0031	0,0131	0,0020	0,0183	54,6
Northwind	0,0001	0,0013	0,0144	0,0017	0,0175	57,1
Seastar	0,0008	0,0029	0,0105	0,0015	0,0157	63,7
Belwind	0,00099	0,0023	0,0238	0,0022	0,0293	34,1
Northwester2 35	0,02142	0,0018	0,0091	0,0011	0,0334	29,9
TOTAAL <sup>4</sup>	0,0680	0,0202	0,1429	0,0152	0,2463	4,1

<sup>1</sup> Scenario met 38 Mermaid windturbines van 6 MW op een monopile fundering

<sup>2</sup> Scenario met 80 Mermaid windturbines van 3.2 MW op een kleine (7,5 x 7,5 m) jacket fundering

<sup>3</sup> Dit is een onderschatting op basis van een verkeerdelijke aanname in Marin (2014) van 54 C-Power turbines op monopiles (6 m diameter) i.p.v. 6 GBF en 48 grote (17 x 17 m) jacket funderingen

<sup>4</sup> Cumulatief scenario op basis van de Mermaid 80 configuratie

Uit Marin (2014) blijkt dat de aantallen turbines meer bepalend zijn voor de aanvaringskansen dan de afmetingen van de funderingen. Zo worden de grotere afmetingen van jackets ruimschoots gecompenseerd wanneer een kleiner aantal turbines wordt gebruikt. Voor het Seastar windpark werd in Marin (2013) berekend dat het gebruik van een jacket de kansen vergroot op aanvaringen per turbine met gemiddeld 13% tot 16% vergroot. Het gebruik van turbines met meer vermogen op eventueel grotere funderingen is bijgevolg gunstiger dan meer turbines met kleiner vermogen op kleinere funderingen.

#### 8.2.4.2 Schip – schip aanvaringen

Tijdens de constructiefase is de kans op aanvaring tussen schepen verhoogd door de bijkomende aanwezigheid van de schepen vereist voor de bouw van het windpark. In het MER werd berekend dat de kans op aanvaring tussen schepen tijdens de constructiefase van het Mermaid windpark 6,2% hoger zal liggen dan normaal (IMDC, 2014a, Marin, 2014). Dit verhoogde risico is van zeer tijdelijke aard. De kans op een ander type scheepsongeval neemt in deze periode toe met 3,1%.

De effecten van de exploitatie van het windpark op schip-schip aanvaringen, buiten de windenergiezone op de Belgische Noordzee, door de veranderingen van de vaarroutes werden onderzocht in Marin (2014). Waar heden kruisende routes voorkomen ten noorden van Belwind, zullen na sluiting van de Mermaid concessie deze scheepsbewegingen geconcentreerd worden in een kleiner aantal verkeerslinken waardoor risicovolle kruisingen nu herleid worden naar veiliger inhaalmanoeuvres. Ten opzichte van de situatie met drie bestaande parken (Belwind, C-Power en Northwind) zou de bijkomende aanwezigheid van Norther, Rentel, Seastar en Mermaid een lichte daling van het aantal schip-schip aanvaringen veroorzaken (Marin, 2014).

#### 8.2.4.3 Gevolgschade aanvaringen/aandrijvingen

In het MER wordt de gevolgschade van eventuele aanvaring en aandrijvingen op zowel de vaartuigen

als de turbines besproken. De gevolgschade omvat: schade aan het windpark en schade aan het schip ten gevolge van aanvaringen/aandrijvingen, verontreiniging ten gevolge van een scheepsramp, persoonlijk letsel en impact op de rest van de scheepvaart. In het kader van de milieuvergunning zijn vooral de eventuele schade aan het schip ten gevolge van aanvaringen/aandrijvingen en de mogelijks daaruit resulterende verontreiniging van belang. De schade aan het schip is o.a. afhankelijk van de afmeting en aard van het vaartuig, de snelheid waarmee het tegen de windturbine botst, de manier waarop het tegen deze structuur botst, maar ook van de aard van deze structuur (funderingstype – zie hieronder). Tabel 8.2 geeft een overzicht van de extra uitstroomkans en hoeveelheid van ladings- en bunkerolie die verwacht kan worden na constructie van de windparken in het BDNZ. Het aandeel in deze uitstroom van ladings- en bunkerolie dat direct te wijten is aan het Mermaid project is relatief hoog gezien de ligging en hoge aanvaring en aandrijfrisico's van dit project. Zonder mitigerende maatregelen neemt de globale kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ als gevolg van het risico op aanvaring met een windturbine van Mermaid toe met ~5.2% (worst case scenario: zie hieronder).

Tabel 8.2. Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie

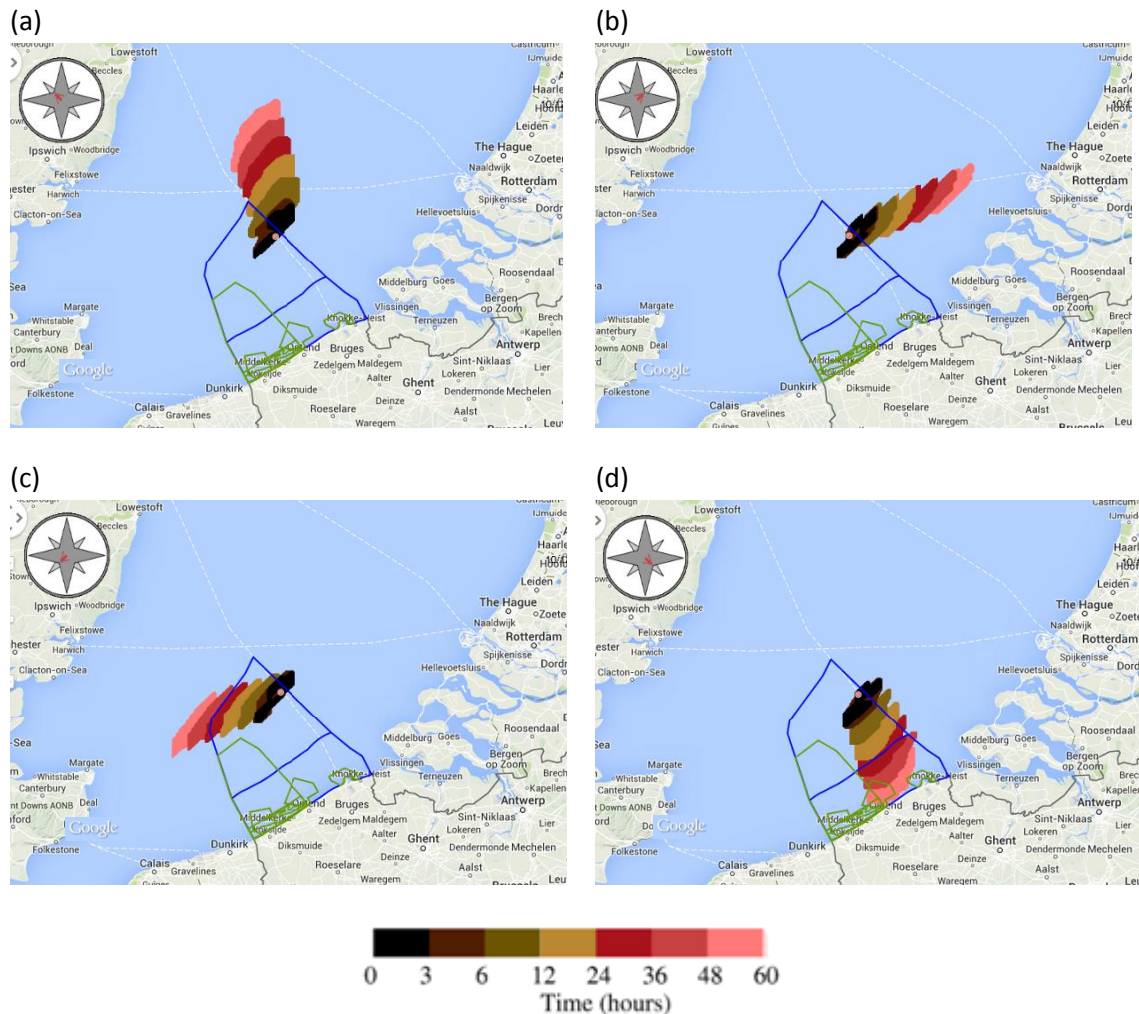
	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>	Eens in de ... jaar
<b>Mermaid 80<sup>1</sup></b>	0.00122	818	0.838	0.000295	3394	1.626	659
<b>Windenergiezone<sup>2</sup></b>	0,002191	457	1,4	0,000458	2185	2,5	378
<b>BDNZ (zonder windenergiezone)</b>	0,023553	42	6,1	0,008280	121	164,2	31

1 Worst case scenario met 80 Mermaid windturbines van 3.3 MW op een jacket fundering

2 Scenario met realisatie van de Norther, C-Power, Rentel, Northwind, Seastar en Belwind (uit Marin, 2011b)

In Dulière en Rumes (2014, Annex I bij deze MEB) wordt het door de BMM ontwikkelde 'Oil Spill drift model' OSERIT gebruikt om het 2D traject van een mogelijke olieversuiling aan het wateroppervlak te voorspellen in het kader van deze MEB. OSERIT werd ontwikkeld om de korte termijn (1-5 dagen) milieu impact van een olieversuiling te kunnen beoordelen. In het model wordt iedere olielozing als een deeltje voorgesteld (Lagrangiaans deeltjes benadering) dat drijft op het wateroppervlak door het gecombineerd effect van getijden, winden en oppervlaktewater stromingen. Het model beschouwt ook de turbulente diffusie en stranding (olie stopt als het het strand bereikt). Hieronder wordt een beeld gegeven van een worst case scenario met een olielozing in het midden van het Mermaid concessiegebied (Figuur 8.5).

De gebruikte windcondities varieerden van windstil tot de extremere (NO, NW, SW en SO winden van 17 m/s). In dit opzicht kan het scenario met een constante windsnelheid van 17 m/s als worst case scenario beschouwd worden. Concreet simuleert het model een olievlek door lozing van 100 deeltjes 30 minuten voor hoog tij, 100 deeltjes bij hoogtij en 100 deeltjes 30 minuten na hoog tij om zo het tijdsverschil tussen de verschillende getijden in de Belgisch deel van de Noordzee in rekening te brengen. Dit over een periode van 15 dagen om een volledig getijdencyclus tussen hoog en laag tij te beschouwen. In het totaal werden zo 10 miljoen verschillende olielozingsscenario's beschouwd voor de studie. In Figuur 8.6 worden, bij wijze van voorbeeld, de zones weergegeven die geïmpacteerd worden door olie over de verschillende tijdsintervallen na lozing in het midden van de Mermaid zone bij matige windcondities(4 m/s).

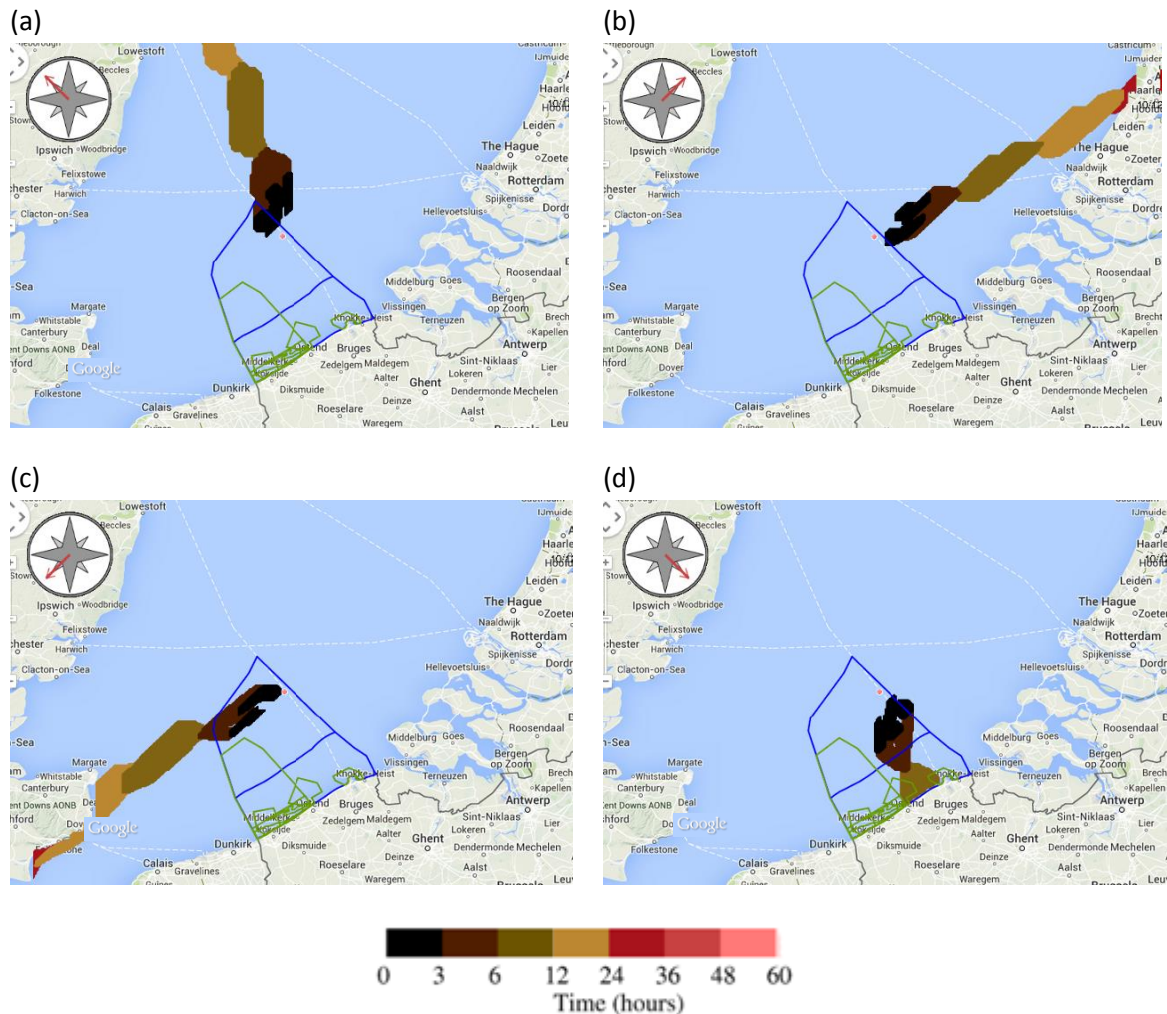


Figuur 8.6. Zone geïmpacteerd door olie over de verschillende tijdsintervallen na lozing in het midden van de Mermaid zone. Alle lozingsscenario's zijn inbegrepen (bij hoog tij, laag tij en 'tussenin' tij). De weerscondities worden voorgesteld d.m.v. een rode pijl in de windroos (in casu noordwestelijke (linksboven), noordoostelijke (rechtsboven), zuidwestelijke (linksonder) en zuidoostelijke (rechtsonder) winden met een snelheid van 4.5 m/s). Blauwe lijnen = Territoriale zee en BDNZ, groene lijnen = beschermde gebieden. De lichtroze zone geeft de cumulatieve impactzone weer tot 60u na de lozing.

Uit de gevoerde simulaties kan worden besloten dat tijdens kalme weerscondities (4 m/s) de olievlek oscilleert tussen de Belgische en Nederlandse wateren met het ritme van de getijden. De olievlek zou in dit scenario geen van de Nederlandse beschermde gebieden beïnvloeden. Het zou wel de Belgische kwetsbare gebieden (SPA, SAC en het Zwin) kunnen impacteren.

Tijdens zwaardere weerscondities (wind van 17 m/s) is de oliedrift vooral afhankelijk van de windsnelheid en -richting (Figuur 8.7). De olie kan de Nederlandse of Britse wateren bereiken in minder dan 3u en de Franse wateren ongeveer 6u na lozing. De Belgische kwetsbare gebieden (SPA, SAC en het Zwin) kunnen geïmpacteerd worden binnen 3 tot 12u, de Nederlandse kwetsbare gebieden (Voordelta) binnen 6 tot 12u. Eerste stranding kan verwacht worden 12u na lozing in België of Nederland en 24u na lozing in het Verenigd Koninkrijk.





Figuur 8.7. Zone geïmpacteerd door olie over de verschillende tijdintervallen na lozing in het midden van de Mermaid zone. Alle lozingsscenario's zijn inbegrepen (bij hoog tij, laag tij en 'tussenin' tij). De weerscondities worden voorgesteld d.m.v. een rode pijl in de windroos (in casu noordwestelijke (linksboven), noordoostelijke (rechtsboven), zuidwestelijke (linksonder) en zuidoostelijke (rechtsonder) winden met een snelheid van 17 m/s). Blauwe lijnen = Territoriale zee en BDNZ, groene lijnen = beschermde gebieden.

Ook de uitstroom van chemicaliën kan schade veroorzaken aan het milieu. Na realisatie van zowel alle reeds vergunde windparken als het Mermaid project wordt de totale frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine van Mermaid geschat op eens in de ~3981 jaar. Het risico voor een uitstroom met hoog tot zeer hoog ecologisch risico werd daarentegen geschat verwaarloosbaar te zijn (Marin, 2014a).

Uit de veiligheidsstudie (Marin, 2014a) blijkt dat aandrijving het grootste risico geeft. Een aandrijving, als gevolg van een storing in de voortstuwing, wordt voorkomen wanneer het schip voor anker kan gaan of de storing op tijd verholpen wordt. Een derde mogelijkheid waardoor de storing niet tot een aandrijving leidt, is wanneer de drifter vroegtijdig wordt opgevangen door een stationssleepboot. Op basis van voorgaande studies werd besloten dat de aanwezigheid van een stationsleepboot of ETV in de zone de kans op een aanvaring/ aandrijving merkbaar zou verkleinen (Marin 2011a). Een ETV kan een aandrijving voorkomen wanneer het schip de drifter kan bereiken voordat een windturbine wordt geraakt. De reductie van het aantal aandrijvingen hangt dan ook sterk af van de positie van de ETV op het moment van de melding. Voor eerdere configuraties en scenario's in het kader van de MER van het North project werd in scenario's met ETV een reductie

van het aantal aandrijvingen met ongeveer 68% verwacht t.o.v. scenario's zonder ETV (Marin, 2011a). In het kader van dit project werden deze berekeningen niet uitgevoerd.

## 8.2.5 Risico's gebonden aan de elektriciteitskabels

Het valt te verwachten dat alternatieven naar kabelconfiguratie met meerdere verbindingkabels een langere installatietijd zullen vereisen en bijgevolg een hoger risico op aanvaringen/aandrijvingen met zich zullen meebrengen. Echter, gezien het geringe risico op een scheepvaartongeval, vormt dit niet voldoende reden om een bepaald scenario af te keuren.

Tijdens de exploitatiefase zullen met (zeer) lage frequentie inspecties, heringravingen en kabelreparaties plaatsvinden. Gezien het tijdelijke en lokale karakter van deze activiteiten en gezien het zeer beperkt aantal bijkomende scheepsbewegingen in vergelijking met het totale reeds aanwezige scheepvaartverkeer in de Belgische zeegebieden, wordt er tijdens de exploitatiefase geen aanzienlijke verhoging van de risico's voor de scheepvaartveiligheid verwacht ten gevolge van de Mermaid kabels.

Mogelijke gevolgschade van eventuele aanvaringen en aandrijvingen op de installatievaartuigen omvat: schade aan het schip ten gevolge van aanvaringen/aandrijvingen, verontreiniging ten gevolge van een scheepsramp, persoonlijk letsel en impact op de rest van de scheepvaart. In het kader van de milieuvergunning zijn vooral de eventuele schade aan het schip ten gevolge van aanvaringen/aandrijvingen en de mogelijks daaruit resulterende verontreiniging van belang. De schade aan het schip is o.a. afhankelijk van de afmeting en aard van het vaartuig, de snelheid waarmee het tegen het installatieschip botst, de manier waarop het tegen dit vaartuig botst. Gezien de korte duur van de werkzaamheden en mits het strikt opvolgen van de veiligheidsvoorschriften van de bevoegde overheden valt er slechts een verwaarloosbare toename te verwachten van het risico op aanvaringen/aandrijvingen in het BDNZ ten gevolge van de werkzaamheden voor de installatie, exploitatie en ontmanteling van de Mermaid kabels.

### 8.2.5.1 Risico's gebonden aan de installatie van elektriciteitskabels

Het installeren van elektriciteitskabels gebeurt door een combinatie van twee handelingen: het afrollen en deponeren van de kabels enerzijds en het ingraven van de kabels anderzijds. Het ingraven van kabels kan op twee manieren aangepakt worden:

- simultaan met het afrollen en deponeren van de kabels. Hierbij is het schip dat de kabel vervoert en afrolt al dan niet voorzien van de uitrusting voor het ingraven van de kabel. In het laatste geval zal een tweede schip uitgerust met de graafmachine het kabellegschip kort op de voet volgen;
- Niet-simultaan met het afrollen en deponeren van de kabels, waarbij steeds een tweede schip ingezet wordt dat voorzien is van de uitrusting voor het ingraven van de kabels. Dit tweede schip volgt het kabellegschip op zekere afstand, dagen of zelfs weken later.

Deze laatste methode van werken kan tot gevolg hebben dat de kabel gedurende meerdere weken bloot ligt. Een dergelijke blootstelling van de kabel houdt een risico in voor de scheepvaart en de visserij door een obstakel te bieden aan scheepsankers en vistuigen.



#### 8.2.5.2 Risico's gebonden aan de exploitatie van elektriciteitskabels

Het ingraven van de elektriciteitskabels zal moeten gebeuren volgens de voorschriften van de bevoegde overheden. Het kan echter niet uitgesloten worden dat natuurlijke erosieprocessen langs sommige onderdelen van het tracé tot een blootstelling van de kabels leiden. In elk geval is het waarschijnlijk dat de ligging van kabels horizontaal afwijkt (bij het leggen) of vertikaal afwijkt (bij het leggen en door sedimentbewegingen in de tijd) van de opgelegde voorschriften. Een blootstelling van de kabel houdt een risico in voor de scheepvaart en de visserij door een obstakel te bieden aan scheepsankers en vistuigen. Voor monitoring van de erosie rond de kabels wordt verwezen naar het hoofdstuk 6 Hydrodynamica en sedimentologie.

#### 8.2.5.3 Risico's gebonden aan de ontmanteling van elektriciteitskabels

De risico's gebonden aan de ontmanteling van de verbindingkabels zijn gelijkaardig aan deze bij de installatie van de kabels en zijn beperkt tot de effecten van de voorgenomen activiteiten op de scheepvaart).

### 8.3. *Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject*

De volgende effecten worden besproken:

- industriële risico's WEC's;
- invloed van WEC's op radar en scheepscommunicatie;
- risico's te wijten aan de veranderingen in de scheepvaart;
- risico's gebonden aan de elektriciteitskabels

#### 8.3.1 Industriële risico's WEC's

Zoals vermeld in het MER (IMDC, 2014a) zijn er momenteel geen risicoanalyses beschikbaar wat betreft de faalfrequentie van de verschillende types WEC's. Het grootste risico bestaat tijdens stormcondities indien delen van de WEC of gehele WEC's losslaan of afbreken. Hoewel in het MER gesteld wordt dat "alle WEC-types slechts commercieel en op grote schaal kunnen worden ingezet wanneer blijkt dat de faalkans voldoende klein is en er geen onaanvaardbaar risico bestaat voor het milieu en de veiligheid op zee" zal van de vergunninghouder verwacht worden dat, voorafgaand aan de installatie van de structuren, de risico's met betrekking tot het uiteindelijk weerhouden type WEC onderzocht en opgelijst worden in het noodplan.

#### 8.3.2 Invloed van WEC's op radar en scheepscommunicatie

De invloed op radar en scheepscommunicatie bij de realisatie en inplanting van WEC's in een offshore windturbinepark zal afhankelijk zijn van het type WEC (Flemtek-IMDC, 2014). Bij een worst case scenario (grootste type WEC: Wavestar) zal het effect het meest uitgesproken zijn. Bij een type WEC dat hoofdzakelijk onder water wordt ingeplant, zal de invloed minimaal zijn. De grootte van de effecten zal in een worst case scenario ten hoogste vergelijkbaar zijn met de effecten van een windturbine met dezelfde zijdelingse afmetingen of diameter. De ligging van de WEC's is van belang voor de zichtbaarheid bij het binnen- en buitenvaren van schepen in het park. De inplanting van WEC's op de randen van een windpark zal een belangrijkere impact hebben dan een ligging intern in het windpark, omdat de radarzichtbaarheid en de radiocommunicatie bij het buitenvaren van een schip van een windpark naar de zee, door de grotere dichtheid van objecten, meer beperkt zal worden. Deze

zichtbaarheid naar buiten toe is wel cruciaal naar de veiligheid om botsingen te vermijden tussen uitvarende schepen en andere scheepvaart in de omgeving van een windpark (Flemtek-IMDC, 2014).

### 8.3.3 Risico's gebonden aan de scheepvaart

#### 8.3.3.1 Aanvaring en Aandrijfrisico's WEC's

In het MER (IMDC, 2014a) en de Marin veiligheidsstudie (Marin, 2014) worden verschillende mogelijke locaties onderzocht voor het basisveld WEC's in de pilootfase. Wat betreft de locaties van dit basisveld in de pilootfase, wordt de noordzijde van de Mermaid concessiezone best vermeden gezien de nabijheid van scheepvaartroutes. Ook de westzijde van de concessiezone is minder geschikt omdat deze zone mogelijk de toegang tot het transformatieplatform in de concessiezone zou kunnen hinderen en een onnodig bijkomend aanvaringsrisico zou betekenen. De locaties aan de oostzijde nabij de Belgisch-Nederlandse grens zijn beter geschikt.

In de Marin veiligheidsstudie werden de aanvaringskansen van twee types golfenergieconvertoren (Wavestar en Seabased) berekend op twee plaatsen binnen de basisconfiguratie van het Mermaid windpark. De Wavestar werd gemodelleerd als een platform (80 x 20 m) en de Seabased werd gemodelleerd als een windturbine op een monopile fundering (6 m diameter). Voor één Wavestar WEC in het meest westelijke basisveld is de totale aanvaringskans eens in de 826 jaar versus eens in de 2.088 jaar voor één Wavestar WEC in het oostelijke basisveld. Voor het Seabased type WEC zijn de aanvaarkansen respectievelijk eens in de 1.512 en 3.323 jaar. De aanvaarkansen van de Seabased is kleiner wegens zijn kleinere afmetingen. Een pilootproject met één basisveld met 7 Wavestar units een totale aanvaarkans heeft van eens in de 118 jaar aan de westelijke kant en eens in de 299 jaar aan de oostelijke kant van het Mermaid park. Voor een basisveld met 160 Seabased WEC's is de totale aanvaarkans in het westen eens in de 9 jaar, voor een basisveld in het oosten is dit eens in de 21 jaar. De kans op aanvaring- of aandrijfongevallen van schepen met het pilootproject is in het worst case scenario gevoelig hoger dan de kans op aanvaring- of aandrijfongevallen van schepen met de Mermaid turbines (zie hierboven).

#### 8.3.3.2 Gevolgschade aanvaringen/aandrijvingen

In de veiligheidsstudie (Marin, 2014) en het MER (IMDC, 2014a) wordt de gevolgschade van eventuele aanvaring en aandrijvingen met WEC's op zowel de vaartuigen als de WEC's niet besproken. De achterliggende redenering is dat verwacht wordt dat door zijn kleinere afmetingen en massa ten opzichte van het schip de schade aan het vaartuig eerder beperkt zal zijn en dus ook de kans op verontreiniging ten gevolge van een scheepsramp. Voor de meeste onderzochte types is de WEC zelf vrij kwetsbaar en zal mogelijk beschadigd worden waarbij, afhankelijk van de ernst van aandrijving en het type systeem, vloeistoflekken kunnen ontstaan via het omhulsel. Deze redenering is echter niet terecht voor de robuuste Wavestar WEC's die kunnen beschouwd worden als 'bijkomende' turbines in het scenario besproken in 8.2.4.3.

### 8.3.4 -Risico's gebonden aan de WEC elektriciteitskabels

De meeste risico's gebonden aan de WEC elektriciteitskabels zijn dezelfde als deze die hierboven besproken werden voor het windpark (zie 8.2.5). Bepaalde types WEC's hebben daarenboven een kabel die vrij in de waterkolom hangt. Deze kabels, maar ook de vele verankeringen, houden een risico in voor de scheepvaart en de visserij door een obstakel te bieden aan scheepsankers en

vistuigen. In principe hoeft dit geen bijkomend risico te betekenen aangezien het KB van 11 april 2012 elke vorm van scheepvaart verbiedt, met uitzonderingen van de gevallen bepaald in het KB zelf, in een veiligheidszone van 500 meter rond elk kunstmatig eiland, installatie of inrichting (inclusief de WEC's). Echter, in praktijk werden er in de reeds operationele windparken herhaaldelijk intrusies vastgesteld van bodemtrawlers. Bijgevolg vraagt de Scheepvaartpolitie (in haar schrijven van 19 december 214) aan de vergunninghouder om de nodige maatregelen te nemen om de risico's op verstoring van de site te voorkomen, beperken en neutraliseren o.a. door het plaatsen van lokalisatie- en identificatie apparatuur.

## 8.4 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten

De cumulatieve effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het Mermaid windpark en de andere vergunde windparken op het veiligheidsniveau in het BDNZ werden hierboven reeds besproken.

Gezien de samenwerking met de nabijgelegen Northwester2, Rentel en Seastar offshore projecten worden er geen significante cumulatieve effecten verwacht van de constructie, exploitatie en ontmanteling van de Mermaid kabels op het vlak van risico en veiligheid.

Zoals hierboven vermeld worden er zowel in Belgische als Nederlandse wateren wijzigingen verwacht in secundaire navigatieroutes rondom de offshore windparken. Ook de te verwachten realisatie van offshore windparken in het Borsele gebied zal deze navigatieroutes beïnvloeden.

In Belgische wateren voorziet het KB van 11 april 2012 (tot instelling van een veiligheidszone rond de kunstmatige eilanden, installaties en inrichtingen voor de opwekking van energie uit het water, de stromen en de winden in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid) tijdens de exploitatie fase een veiligheidszone in van 500 m rondom de concessiezones van de individuele windparken. In Nederland wordt momenteel de optie onderzocht om scheepvaart in de windparken toe te laten. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de radio communicatie doorheen de windparken tussen schip en schip gestoord tot onmogelijk zal zijn. Het is bijgevolg aangewezen om te voorzien in een bijkomend relaisstation voor zowel de AIS als de VHF communicatie, zodat de dekking naar de verre scheepvaartroutes behouden en gegarandeerd blijft na bouw van Mermaid, Northwester2 en de Nederlandse windparken. De aanwezigheid van WEC's binnen het concessiegebied vormt een bijkomende hindernis voor eventuele scheepvaart (inclusief SAR operaties) in de concessiezone.

## 8.5 Besluit

### 8.5.1 Aanvaardbaarheid

De industriële risico's en risico's gebonden aan de constructie en exploitatie van het Mermaid windpark zijn vergelijkbaar met deze van de andere reeds vergunde parken en zijn, mits het naleven van de voorwaarden (zie verder), aanvaardbaar. Deze aanvaardbaarheid geldt zowel voor alle types funderingen en installatietechnieken besproken in het MER (IMDC, 2014a).

De cumulatieve effecten van de constructie en exploitatie van de verschillende windparken in het BDNZ op de scheepvaart en de hiermee verbonden risico's zijn enkel aanvaardbaar indien al de nodige preventie- en voorzorgsmaatregelen genomen worden om de veiligheid verder te verzekeren en een ongeval met eventuele milieuschade tot gevolg te vermijden.

De risico's gebonden aan de installatie, exploitatie en ontmanteling van de Mermaid kabels zijn, mits het naleven van de hieronder vermelde voorwaarden, aanvaardbaar.

De industriële risico's en risico's gebonden aan de constructie en exploitatie van het WEC pilootproject zijn op het tijdstip van deze beoordeling grotendeels ongekend. Het WEC pilootproject is bijgevolg enkel aanvaardbaar mits het strikt naleven van de onderstaande voorwaarden.

### 8.5.2 Compensaties in milieuvoordelen

In het kader van het onderzoek van deze aanvraag hield de BMM rekening met twee aspecten van de taak van de bevoegde overheid. Enerzijds dient de overheid ervoor te zorgen dat de activiteit, éénmaal aanvaard, geen onaanvaardbaar risico voor het milieu met zich meebrengt en anderzijds heeft de overheid de verplichting in staat te zijn om bij een incident mogelijke schade voor het milieu, de bevolking en de goederen zoniet te voorkomen dan toch minimaal te houden.

Elke industriële activiteit op de Noordzee brengt een nieuw risico van zeeverontreiniging met zich mee. Dit vertaalt zich in een nadelig effect van de vergunde activiteit, waarvoor de aanvrager de nodige compensaties in milieuvoordelen dient te geven. Dit kan gebeuren in de vorm van een bijdrage bij de paraatheid van de overheid, die erop gericht is milieuschade door verontreiniging van de Noordzee beter te voorkomen en de daartoe vereiste middelen te versterken. Net als bij de vorige aanvragen voor offshore windparken wordt hier voorgesteld dat Mermaid zich aansluit bij het systeem van financiële bepalingen of materiële bijdragen die hiervoor werden voorzien in de reeds bestaande vergunningen voor offshore windparken.

### 8.5.3 Mitigerende maatregelen

#### *Intensief beheer scheepvaartroutes en ETV (preventie aanvaringen/aandrijvingen)*

Met betrekking tot de scheepvaart rond en in windparken werd de Nautische adviesgroep BE-NL-VL opgericht. Deze Nautische adviesgroep gaat enerzijds na of er bijkomende maatregelen dienen genomen te worden om het in- en uitvaren, van de Belgische concessiezone, van onderhoudsschepen op een veilige manier te laten verlopen. Anderzijds bespreekt deze Nautische adviesgroep het voorstel van mogelijke scheepsrouterings-systemen in het gebied. Om de veiligheid in de Belgische concessiezone verder te verhogen, kan er bijkomend beheer komen in de zone boven de Westpit. In die zone wordt momenteel niet actief gemonitord gezien er geen VTS (Vessel traffic service) is. Ook de optie om een extra radar te plaatsen in functie van de concessiezone kan bijdragen tot deze verbeterde, aangepaste scheepvaartbegeleiding. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om een stationsleepboot of ETV te mobiliseren die de kans op een aanvaring/ aandrijving merkbaar kan verkleinen (Marin 2011a).

#### *Aangepaste funderingstypes (preventie gevolgschade)*

Uit de veiligheidsstudie van het Anholt windpark (Ramboll, 2009) blijkt dat men de minste gevolgen kan verwachten bij een aanvaring met een monopile fundering. De kans dat de scheepswand doorboord wordt, is groter bij jacket and tripode funderingen (Dalhoff en Biehl, 2005). De gevolgen van een aanvaring met een GBF zijn afhankelijk van de hoogte waarop de schepen in aanvaring komen met de GBF. Indien de basis van de GBF zich onder de romp van het vaartuig bevindt, dan zal het vaartuig in aanvaring komen met de toren en wat kan resulteren in het 'schuiven' langs de fundering wat de hele windturbine uit evenwicht brengt. Indien de basis van de GBF zich niet onder de romp van het vaartuig bevindt, kan de scherpe rand van de basis van de GBF de scheepswand ernstig beschadigen. Dit laatste is onwaarschijnlijk gezien de relatief grote diepte van de Mermaid

concessie.

#### *Noodplan/SAR (beheersmaatregelen na incident)*

Het bestaan van het energiepark brengt specifieke beperkingen mee voor de personen die het risico en de gevolgen van een incident moeten beheersen. De activiteit van zowel de turbines als de aanwezigheid van de WEC's kan deze operaties immers hinderen, waardoor een incident zwaardere gevolgen kan hebben. Door een specifiek noodplan, overeenkomstig de wettelijke en technische bepalingen, kunnen bepaalde beperkingen in zekere mate ongedaan worden gemaakt.

#### *Betere bestrijding van verontreinigingen (beheersmaatregelen na incident)*

De permanente automatische opname van meteogegevens in de windparkzone kan substantieel bijdragen tot betere plaatselijke weersvoorspellingen en derhalve ook tot een grotere accuraatheid van de modellen van verspreiding van verontreiniging die routinematig draaien bij de overheid. Bijgevolg maakt het verwerven van meteogegevens deel uit van de preventieve maatregelen tot een verhoogde veiligheid.

Gezien een variëteit aan meteoparameters gebruikt worden bij het laten lopen van verschillende modellen (golfhoogten, risico analyses....) is het belangrijk om over deze parameters te beschikken. Bovendien is met name de zichtbaarheid belangrijk gezien de meeste ongevallen lijken te gebeuren in mistig weer eerder dan bij ruwe zee. Indien door middel van een infraroodmeter de zichtbaarheid op zee ter hoogte van concessie kan gemeten worden en in (near)realtime doorgestuurd worden naar wal (bv. via de vergunninghouder naar MRCC), kan bij een slechte zichtbaarheid de paraatheid aan de kust verhoogd worden en indien geopteerd wordt voor een stationssleepboot, kan deze in stand-by ter hoogte van de zone geplaatst worden en preventief de veiligheid van de scheepvaart bewaken.

## 8.5.4 Voorwaarden en aanbevelingen

### 8.5.4.1 Voorwaarden

#### *Noodplan*

- Vóór de aanvang van de bouwfase moet de houder een noodplan aan de BMM meedelen.
- Voor het opstellen van dit noodplan dient de concessiehouder ten laatste 6 maanden voor de start van de werken contact op te nemen met de BMM voor aanbevelingen m.b.t. de inhoud van het noodplan. De BMM legt een standaard noodplan op aan de houder in de vorm van een template. Het begeleidingscomité gaat de conformiteit na van het noodplan met de aanbevelingen en maakt dit noodplan over aan de bevoegde instantie ter afstemming op de noodplannen die van toepassing zijn binnen de zeegebieden.
- Het noodplan heeft betrekking op de noodgevallen die voortvloeien uit de bouwwerkzaamheden of de exploitatie van de activiteit en op de ongevallen die door derden in het concessiegebied worden veroorzaakt. De aanvrager moet voor de uitvoering van dit plan de vereiste werkploegen en uitrustingen (Tier 1- niveau) paraat houden.
- In het noodplan moeten eveneens procedures voorzien worden voor volgende situaties:
  - Stopzetten / opstarten tijdens zware storm;
  - Stopzetten / opstarten t.g.v. technische defecten;
  - Stopzetten / opstarten tijdens grote vogeltrek met verhoogde kans op vogelsterfte;
  - Stopzetten / opstarten t.g.v. een vordering van de Nautische Dienstchef scheepvaartbegeleiding;
  - Stopzetten / opstarten t.g.v. een vordering van de BMM/FOD Volksgezondheid, Veiligheid

van de Voedselketen en Leefmilieu.

- In het noodplan moet een speciale sectie worden opgesteld met betrekking tot de risico's gebonden aan de aanwezigheid van oliën en gevaarlijke stoffen in alle structuren van het park inclusief de meetmasten en de transformatorplatformen. Eveneens dient een voldoende veiligheidsniveau gewaarborgd te zijn tijdens de olievullingsoperaties en de buitendienststelling van de transformator. In het bijzonder moet een procedure worden opgesteld in geval van brand op een structuur of op een schip dat in aanvaring met een structuur zou kunnen komen, in geval van vrijkomen van olie afkomstig van een structuur of van een schip dat in aanvaring met een structuur zou komen.
- In het noodplan moet een speciale sectie worden opgesteld met betrekking tot de risico's gebonden aan het pilootproject met WEC's.
- Het noodplan bevat tevens een lijst van alle schepen, operatoren en vaar- en voertuigen die bij de werkzaamheden (bouw, onderhoud en afbraak) betrokken zijn en vermeldt de specifieke kenmerken, identificatie en callsign. Elke wijziging moet aan de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu en aan de Nautische Dienstchef scheepvaartbegeleiding worden gemeld voor dat het betrokken middel wordt ingezet.

#### *Scheepvaartveiligheid*

- Inzake scheepvaartveiligheid dient de houder de voorschriften van de bevoegde instanties volledig na te leven. In het bijzonder zal de zone duidelijk moeten afgebakend worden die ontoegankelijk is voor vaartuigen, die niet rechtstreeks gebonden zijn aan de vergunde activiteit. Indien andere niet vergunnings- en/of machtigingsplichtige activiteiten, die niet rechtstreeks gebonden zijn aan dit vergunde project, in het concessiegebied worden toegelaten, dan moeten specifieke veiligheidsmaatregelen voor deze activiteiten worden toegepast. Hierover dient de BMM en eventuele andere bevoegde instanties ten gepaste tijde te worden geraadpleegd.
- Minimaal één maand voorafgaand aan de bouwperiode worden in een door de houder te initiëren overleg afspraken gemaakt tussen de houder, het bevoegde gezag en de Nautische Dienstchef scheepvaartbegeleiding over de te nemen maatregelen tijdens de bouwperiode.
- Gedurende de bouwwerkzaamheden van het windpark moet, ter plekke, een speciaal uitgerust veiligheidsschip aanwezig blijven, met als opdracht: bewaking van de zone, "early warning system", bebakening van drijvende en gezonken voorwerpen, het mogelijk slepen van kleine schepen, eerste noodhulp aan personen, tijdelijke werkpost voor de overheid. Dit veiligheidsschip moet ook kunnen instaan voor de bewaking van de zone tijdens slechte weersomstandigheden.
- Bijzondere transporten dienen voorgelegd te worden aan de dienst Scheepvaartbegeleiding.
- Tijdens de constructie dienen alle reeds afgewerkte funderingen en structuren permanent door een vaartuig worden bewaakt en de structuren die boven de HHWS uitsteken dienen, op het hoogste punt een tijdelijk waarschuwingslicht ten behoeve van de scheep- en luchtvaart te dragen. Het licht moet overeenkomen met de specificaties die bepaald zijn door de nautische dienstchef en het directoraat-generaal Luchtvaart. De houder dient de nodige veiligheidssystemen op te stellen om de signalisatie van het park en de structuren op ieder ogenblik te verzekeren.
- Alle windturbines moeten individueel genummerd worden aan de basis van de mast en op de top van de gondel. Ook alle WEC's moeten individueel genummerd worden op een duidelijk plaats. Indien mogelijk moet dit nummer zichtbaar zijn zowel vanaf het wateroppervlak als uit de lucht.

- Tijdens het pilootproject voor de WEC's worden alle WEC's die definitief buiten gebruik worden gesteld binnen de maand uit de zone verwijderd.

#### *Milieuverontreiniging*

- Iedere windturbine, transformator en desgevallend WEC dient voorzien te zijn van opvangbakken om te vermijden dat vloeistoffen vrijkomen in het milieu.
- In geval van vervuiling en bij gebrek aan kennis van de identiteit van de aansprakelijke partij valt het reinigen van de kunstmatige structuren van het energiepark volledig ten laste van de houder. De overheid met bevoegdheid op zee en diegenen die in opdracht van de overheid optreden, behouden het recht om pollutiebestrijdingsactiviteiten uit te voeren binnen het concessiegebied op voorwaarde dat de veiligheid wordt gerespecteerd en dat de houder in kennis gebracht wordt van de intenties van de overheid.
- Gedurende de exploitatiefase moet er bijgedragen worden aan de paraatheid van de overheid, die erop gericht is milieuschade door verontreiniging van de Noordzee beter te voorkomen en de daartoe vereiste middelen te versterken. Hiervoor kan beroep worden gedaan op de voorziene financiële of materiële bijdrage.
- De aanvrager dient 1 à 2 maal per jaar alarmoefeningen te organiseren voor het testen van zijn noodplan. De BMM moet worden uitgenodigd op deze oefeningen. Deze alarmoefeningen kunnen de vorm nemen van gesimuleerde nautische noodgevallen, noodsleepoefeningen en oliebestrijdingsoefeningen en mogen gecombineerd worden met eventuele overheidsoefeningen.
- Alle nuttige parameters gemeten van de meetmasten en andere installaties moeten in "real time" aan de BMM worden overgemaakt. Volgende parameters dienen minimaal te worden overgemaakt: luchttemperatuur, windkracht, windrichting, vochtigheid, luchtdruk en MOR ("Meteorological Optical Range") zichtbaarheid,. Meetfrequentie, meetmethodiek en datatransmissie systeem worden gedefinieerd in functie van de vandaag best beschikbare technologie in onderling overleg tussen de BMM en de houder en door de BMM goed te keuren.

#### *Kabels*

- Alle kabels die definitief buiten gebruik worden, zoals kabels die vervangen worden door andere kabels, moeten verwijderd worden conform de Wet, behoudens andersluidende bepaling van de Minister.
- De ingraafdiepte van de kabels wordt door de bevoegde instanties bepaald. Voor milieueffecten moeten alle kabels tenminste 1 m diep ingegraven worden.
- De horizontale ligging van de kabel (positie) en de verticale ligging van de kabels t.o.v. de omringende zeebodem (dekking) wordt jaarlijks door de vergunninghouder d.m.v. een survey onderzocht. Het survey-programma en de wijze van uitvoering daarvan behoeft de goedkeuring van het bevoegde gezag. De BMM kan een vertegenwoordiger aanwijzen om op kosten van de vergunninghouder bij de survey aanwezig te zijn. De gegevens en resultaten van deze surveys worden voorgelegd aan de BMM. De BMM kan op basis van deze resultaten de frequentie van de survey veranderen. Wanneer blijkt dat de ligging van de kabel stabiel is en dat voldoende dekking op de kabel aanwezig blijft, kan de BMM toestaan dat de frequentie van de controle op de kabel wordt verminderd. Hiertoe dient de vergunninghouder schriftelijk te verzoeken.
- De bedekking van de kabels moet steeds verzekerd worden en moet gemonitord worden zoals voorzien in het monitoringsplan. Indien de monitoring uitwijst dat de kabel niet meer op de minimale begravingsdiepte ligt, dienen binnen de kortst mogelijke termijn en met een

maximum van drie maanden de nodige werken te worden uitgevoerd opdat de kabel terug op haar oorspronkelijke diepte wordt geplaatst of voldoende afgedekt wordt.

- De aanwezigheid van in het water hangende kabels dient op een gepaste wijze en conform de geldende wetgeving te worden aangegeven.

#### *Funderingstypes*

- Indien de houder gebruik wil maken van gravitaire funderingen (GBF) dan dient hij deze zodanig te ontwerpen of te installeren dat er geen risico is op beschadiging van scheepswanden ten gevolge van een aanvaring met de scherpe rand van de basis van de GBF.

#### *Pilootproject WEC's*

- De locatie van het basisveld voor het WEC pilootproject wordt bepaald in overleg met het Bestuur, op basis van een update van de bestaande veiligheidsstudie. Deze studie dient rekening te houden met zowel de werkelijke configuratie van het Mermaid windpark als de geselecteerde types WEC's en hun karakteristieken.
- Vóór de aanvang van het WEC pilootproject moet de houder aantonen aan de BMM dat bij de geselecteerde types WEC's de kans op losslaan voldoende klein is en er geen onaanvaardbaar risico bestaat voor het milieu en de veiligheid op zee.

### 8.5.4.2 Aanbevelingen

#### *voor Mermaid*

Het is aanbevolen om schepen met een voldoende hoge 'vessel classification standard' te gebruiken tijdens de werkzaamheden en bij het onderhoud. Dit teneinde het aantal veiligheidsincidenten te beperken.

Bij de planning van de werkzaamheden moet er voor gezorgd worden dat de bezetting van de ruimte steeds zo compact mogelijk is. Er moet speciale aandacht besteed worden aan de bebakening van geïsoleerde elementen.

De BMM beveelt aan om een repeaterstation AIS (Automatic Identification System) en een relaisstation voor VHF te voorzien in het windpark en een radiokanaal te voorzien dat in verbinding staat met het controlecentrum van het windpark.

Qua kabelconfiguratie is er op het vlak van risico en veiligheid een voorkeur voor een kabelconfiguratie met een minimum aantal kabels en een minimale totale afstand aan kabels aangezien te verwachten valt dat configuraties met een hoger aantal kabels in afzonderlijk sleuven een langere installatietijd zullen vereisen en bijgevolg een hoger risico op aanvaringen/aandrijvingen met zich meebrengen.

Het is aanbevolen om de nodige maatregelen te nemen om de risico's op verstoring van de site te voorkomen, beperken en neutraliseren o.a. door het plaatsen van lokalisatie- en identificatie apparatuur bij intrusie en het uitwerken van een beveiligingsplan.

#### *voor de bevoegde overheden:*

Het is aangewezen om een overleg te organiseren met alle bevoegde nautische diensten ter zake om de nautische veiligheid in de omgeving van de windzone te verzekeren en dit zo snel mogelijk te doen opdat de mogelijke vereiste beheersmaatregelen (radar, Vessel traffic monitoring system, ETV, ...) in



werking zijn op het ogenblik dat het Mermaid park gebouwd wordt. Indien gekozen wordt om een radar te plaatsen, dient dit op een zodanige locatie te gebeuren dat een zo groot mogelijk deel van de Belgische concessiezone voor hernieuwbare energie onder de radardekking valt.

Het is aangewezen om samen te werken met de Nederlandse overheid om de nodige maatregelen te treffen om een voldoende hoog veiligheidsniveau in de Belgische en Nederlandse concessiezones te waarborgen.

## *8.6 Monitoring*

Er wordt geen monitoring voorzien voor dit onderdeel.

## *8.7 Evaluatie WEC pilootproject*

De vergunninghouder wordt gevraagd om na afronding van de constructiefase en na twee jaar exploitatie van de WEC's een overzicht te maken van de industriële risico's, milieuverontreinigingen, veiligheidsincidenten en onderhoudswerkzaamheden verbonden met het pilootproject. Dit om de leemte in de kennis met betrekking tot de industriële risico's van de types WEC's gebruikt in het project in te vullen.

De opbouw en methodiek van de bovenstaand rapport moet voorafgaandelijk aan de BMM voorgelegd worden ter goedkeuring. Dit rapport wordt uiterlijk 2 maanden na het aflopen van de constructiefase respectievelijk twee maanden na het aflopen van het 2<sup>e</sup> jaar exploitatie van de WEC's bij de BMM ingediend en zal door de onderzoekers aan de medewerkers van de BMM op een vergadering voorgesteld worden.



## 9. Schadelijke stoffen

- Schadelijke stoffen die geassocieerd worden met offshore windparken zijn anti-fouling producten, (smeer)oliën en –vetten, aluminium en het broeikasgas zwavelhexafluoride (SF<sub>6</sub>);
- Schadelijke stoffen die geassocieerd worden met de aanleg en exploitatie van elektriciteitskabels voor elektriciteit zijn oliën, vetten en bitumen;
- In het kader van het WEC pilootproject worden zes mogelijke typevoorbeelden besproken in het MER waarvan de hoeveelheden aanwezige schadelijke stoffen nog niet gekend zijn.
- Er zullen geen chemicaliën gebruikt worden om aangroei van organismen te vermijden en het gebruik van beschermingsmatrassen zal eerst ter goedkeuring worden voorgelegd aan de BMM;
- De vrijstelling van Al en Zn uit kathodische bescherming met Al-opofferingsanodes of een Zn- of Al-laag met een meerlagig epoxy-coating erbovenop veroorzaakt verwaarloosbaar lage concentraties aan Al of Zn in het zeewater;
- Er zal moeten opgevolgd worden of en hoe oliën, verven, asfaltmatten en breuksteen in de loop van de activiteit worden gebruikt;
- Indien onbekende, mogelijks radioactieve, kabels worden aangetroffen in de projectzone moeten deze met de nodige omzichtigheid behandeld worden.
- Het Mermaid project is aanvaardbaar voor wat betreft eventuele schadelijke stoffen en dit zowel voor het offshore windpark als de elektriciteitskabels.
- Eventuele schadelijke stoffen geassocieerd met het WEC pilootproject moeten in een HNS (Hazardous Noxious Substances) lijst met technische inlichtingen worden beschreven met vermelding van de fysieke, chemische en ecotoxicologische eigenschappen, alsook de toegepaste hoeveelheden. Deze technische lijst moet ter goedkeuring aan de BMM worden voorgelegd.

### 9.1 Inleiding

In het kader van de Wet ter bescherming van het mariene milieu (Art. 17), het OSPAR Verdrag en het Akkoord van Bonn<sup>5</sup> moet men ervoor zorgen dat er geen schadelijke stoffen in de zeegebieden worden gebracht. De mogelijke schadelijke stoffen die geassocieerd worden met offshore windparken zijn anti-fouling producten, smeeroliën en –vetten, aluminium en het broeikasgas zwavelhexafluoride (SF<sub>6</sub>). De mogelijke schadelijke stoffen die geassocieerd worden met aanleg en exploitatie van verbindingkabels voor elektriciteit zijn oliën, vetten en bitumen. Deze en andere schadelijke stoffen die tijdens de constructie- of exploitatiefase kunnen vrijkomen, worden hieronder besproken.

### 9.2 Te verwachten effecten van het windpark

#### 9.2.1 Olie, vet en bitumen

Windturbines met een tandwielkast bevatten ongeveer 750-1000 l olie. Het hydraulisch systeem bevat daarenboven ongeveer 200 à 300 l hydraulische olie. Verder is er ook nog 200 à 300 kg vet aanwezig ter hoogte van laders en geleidingen. De transformatoren, die zich in de gondel of in de voet van de turbine bevinden, zullen vermoedelijk van het droge type zijn. Indien toch gekozen zou worden voor

---

<sup>5</sup> Akkoord van Bonn betreffende de samenwerking in de strijd tegen vervuiling van de Noordzee door koolwaterstoffen en andere gevaarlijkstoffen (1983).

oliegekoelde transformatoren zullen deze worden opgesteld in een aangepaste inkuiping zodat emissie van olie naar de omgeving onmogelijk is (IMDC, 2014a). In het offshore hoogspanningsstation zullen wel transformatoren van het oliegekoelde type aanwezig zijn (1 of 2 stuks). Bovendien is er in het hoogspanningsstation een nooddieselgenerator met een dubbelwandige voorraadtank met dieselbrandstof (circa 30 m<sup>3</sup>) aanwezig. Voorzieningen ter bescherming van het milieu behoren tot de standaarduitrusting van de windturbines en de hoogspanningsstations. Het lekken van vloeistoffen (olie, vetten, etc.) uit de installaties wordt vermeden of beperkt door de aanwezigheid van diverse opvangsystemen (lekbakken, randen, inkuipingen) alsook door de constructiewijze van de onderdelen van de installaties.

In het MER (IMDC, 2014a) wordt aangegeven dat gebruik zal gemaakt worden van het XLPE type kabel, dat uitgevoerd wordt met geëxtrudeerd en verknoopt polyetheen (cross-linked polyethylene of XLPE) als isolatiemateriaal. In dit type kabel komt geen olie of vet voor door de constructiewijze van de onderdelen van de installaties.

Beide kabeltypes worden bovendien voorzien van een wapening (armering) die bestaat uit gegalvaniseerde metalen wapeningsdraden. Om de wapeningsdraden te beschermen tegen corrosie, zijn deze omwikkeld met een juteband, die met bitumen is gecoat. Het bitumen heeft een 'vaste' vorm bij de normale bedrijfstemperatuur van de kabel. Het zal niet of slechts in zeer beperkte mate uitlogen aan de buitenzijde van de kabel en is daarom niet schadelijk voor het milieu. Het materiaal bevat geen PAK's (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen) (Royal Haskoning, 2005).

### 9.2.2 Corrosiebescherming en aangroeiwerende producten

Er wordt bij gravitaire funderingen geen aangroeiwerende verf gebruikt. Ervaring bij reeds vergunde parken leert dat de betonstructuren niet geverfd worden in se maar dat het gebruikte beton gemixt wordt met pigmenten. De stalen mast (toren) die bloot staat aan de buitenomgeving zal voorzien worden van een meerlagige corrosiebescherming die wordt aangebracht in de werkhuisen van de mastleverancier. Deze bescherming bestaat uit een epoxy-coating geschikt voor toepassing in het mariene milieu met een hoog vast stof gehalte (glasvezel). Andere metalen onderdelen van de windturbine die bloot staan aan de buitenomgeving zijn de toegangstrap/platform, bevestigingsstructuren van sensoren op de gondel, etc. Deze worden doorgaans uitgevoerd in gegalvaniseerd staal of kunststof. De gondelbehuizing evenals de wieken zijn uitgevoerd in hoogwaardig kunststof en zijn bijgevolg niet onderhevig aan corrosie. Metaalconstructies binnen in de windturbinetoren en/of gondel worden uitgevoerd in gegalvaniseerd staal, roestvrij staal of aluminium. Bij een monopile of multipode fundering wordt een corrosiebescherming voorzien, ofwel een kunststoflaag, ofwel een Zn- of Al-laag met een meerlagig epoxy-coating erbovenop. Bovendien is er een kathodische bescherming met Al-opofferingsanodes. In vorige projecten werden anodes van 4220 en 5400 kg gebruikt respectievelijk voor 3 en 5 MW windturbines. De vrijstelling van Al en Zn uit deze anodes veroorzaakt verwaarloosbaar lage concentraties aan Al of Zn in het zeewater (Ecolas, 2003).

### 9.2.3 SF6

Zwavelhexafluoride (SF<sub>6</sub>) is een chemisch inerte verbinding van zwavel met fluor die gebruikt wordt in de schakelapparatuur van de windturbines. Het betreft een aantal liter SF<sub>6</sub>-gas per turbine op een druk van <1bar. Eerder analyses uit het project van C-Power hebben aangetoond dat de eventuele hoeveelheden SF<sub>6</sub> die zouden vrijkomen, verwaarloosbaar zijn en enkel kunnen vrijkomen bij een accidentele situatie (aanvulling bij Ecolas, 2003).

### 9.2.4 Beschermingsmatrassen en breuksteen

Op dit ogenblik staat het nog niet vast welk materiaal gebruikt zal worden als erosiebescherming ter hoogte van de funderingen en voor het kruisen van de Interconnector aardgasleiding en de elektriciteitskabel. Er kan gebruik gemaakt worden van betonnen beschermingsmatrassen en/of van steenbestorting. Vooraleer deze matrassen kunnen gebruikt worden, dient de samenstelling ter goedkeuring aan de BMM te worden voorgelegd. Indien niet kan aangetoond worden dat dergelijke matrassen niet uitlogen in het mariene milieu, dan dient een ander materiaal gebruikt te worden dat van natuurlijke oorsprong en inert is, en een gelijkwaardige bescherming biedt. Indien uitloging optreedt dan is de aanvrager in strijd met art. 16 van de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België dat het storten in zee verbiedt (MMM-wet).

### 9.2.5 Gebruik monolieten

In de projectbeschrijving is er geen sprake van het gebruik van monolieten. Desondanks wijst de BMM erop dat het gebruik van monolieten (arme non-ferroslakken) in zeewater, en het gebruik ervan als secundaire grondstof bij de aanmaak van andere producten die zouden kunnen gebruikt worden in zeewater (beton, verstevigingsmateriaal e.d.) niet toegelaten is conform art.16 § 1 van de MMM-wet, dat het storten in zee verbiedt.

### 9.2.6 Radioactieve bestanddelen

Er wordt voor het project geen gebruik gemaakt van radioactieve bestanddelen. De ervaring met de bouw van offshore windparken leert dat er oude kabels in het Belgisch deel van de Noordzee aanwezig zijn die radioactieve signaalversterkers kunnen bevatten. Indien onbekende kabels worden aangetroffen moeten deze met de nodige omzichtigheid benaderd worden. Indien delen van de kabel radioactief zijn, dienen de geijkte procedures gevolgd te worden en de bevoegde instanties verwittigd (Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle).

## 9.3 *Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject*

In het kader van het WEC pilootproject worden zes mogelijke typevoorbeelden besproken in het MER waarvan de hoeveelheden aanwezige schadelijke stoffen nog niet gekend zijn. Het valt de verwachten dat de schadelijke stoffen die geassocieerd zullen worden met WEC's dezelfde zijn als deze in offshore windturbines, met name: anti-fouling producten, (smeer)oliën en -vetten en aluminium. Afhankelijk van het type zal er meer nood zijn aan corrosiebescherming en aangroeiwerende producten. Net als voor de windturbines, moeten eventuele schadelijke stoffen geassocieerd met het WEC pilootproject in een HNS (Hazardous Noxious Substances) lijst met technische inlichtingen worden beschreven met vermelding van de fysieke, chemische en ecotoxicologische eigenschappen, alsook de toegepaste hoeveelheden. Deze technische lijst zal ter goedkeuring aan de BMM worden voorgelegd.

## 9.4 *Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten*

Er worden noch cumulatieve effecten noch grensoverschrijdende effecten verwacht van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het Mermaid project en de bijbehorende kabels wat betreft de schadelijke stoffen in het BDNZ.

## 9.5 Besluit

### 9.5.1 Aanvaardbaarheid

Er zal moeten opgevolgd worden of en hoe betonnen beschermingsmatrassen en breuksteen in de loop van de activiteit worden gebruikt. Voorzichtigheid is geboden bij het verwijderen van oude, mogelijks radioactieve kabels. Met uitzondering van olielozingen ten gevolge van aanvaringen of andere scheepvaartongevallen is de kans dat significante hoeveelheden olie of vet accidenteel in het mariene milieu terechtkomen bijzonder klein. De mogelijke gevolgen van scheepvaartongevallen worden besproken in hoofdstuk 8.

Het project is aanvaardbaar voor wat betreft eventuele schadelijke stoffen. Deze aanvaardbaarheid geldt zowel voor het windpark met bijbehorende elektriciteitskabels als voor het WEC pilootproject op voorwaarde dat aan onderstaande voorwaarden voldaan wordt.

### 9.5.2 Voorwaarden en aanbevelingen

#### 9.5.2.1 Voorwaarden

Alle vloeistoffen (inclusief de vloeistof in de kabels) en andere oplosbare stoffen moeten in een HNS (Hazardous Noxious Substances) lijst met technische inlichtingen worden beschreven met vermelding van de fysieke, chemische en ecotoxicologische eigenschappen, alsook de toegepaste hoeveelheden. Deze technische lijst moet ter goedkeuring aan de BMM worden voorgelegd. De inbreng van giftige stoffen in het milieu en op of in de structuren is niet toegelaten. Eveneens is de inbreng van afvalwater en -stoffen in het mariene milieu niet toegelaten.

Toekomstige technische keuzes, die een invloed op de veiligheid en de mogelijke vervuiling van het milieu kunnen hebben, meer bepaald met betrekking tot oliën, verven en gevaarlijke stoffen, dienen aan de BMM ter goedkeuring te worden voorgelegd. Deze keuzes kunnen besproken worden op het Begeleidingscomité.

De productfiches (MSDS fiches) met toxiciteitgegevens van de producten gebruikt bij het uitvoeren van de werken dienen aan het noodplan van de bouwfase te worden gevoegd.

Indien de aanvrager het nodig acht eventuele aangroei te verwijderen dan mogen hiervoor geen chemische producten gebruikt worden. De BMM geeft, na de optie niets doen, de voorkeur aan mechanische verwijdering. Indien de houder aangroei wenst te verwijderen, om welke redenen ook, dient dit 1 maand voorafgaandelijk aan de BMM te worden meegedeeld.

Voor de aanleg van beschermingsmatrassen op de zeebodem moet de houder verifiëren en certificeren dat alle gekozen componenten zonder gevaar voor enige uitloging kunnen gebruikt worden in het mariene milieu. De samenstelling van de asfaltmatten en kunstmatige erosiebescherming dient ter goedkeuring voorgelegd te worden aan de BMM. Het gebruik van monolieten en metaalslakken is hierbij verboden.

De bouwmaterialen en steenbestortingen dienen uit natuurlijke materialen vervaardigd te zijn en zullen geen afvalstoffen of secundaire grondstoffen bevatten. In dit verband wordt verwezen naar de OSPAR Guidelines on artificial reefs (OSPAR, 2012b). Het gebruik van metaalslakken is verboden.

De aanvrager moet alle mogelijke maatregelen nemen om te vermijden dat natte cement of mortel in het mariene milieu terecht komen.

#### 9.5.2.2 Aanbevelingen

Bij de ontmanteling van het park dient er zorg voor gedragen te worden dat de gesloten systemen met SF6 niet beschadigd worden en dat ze ontmanteld worden in een gespecialiseerd bedrijf, zodat geen SF6 in de atmosfeer terecht kan komen.

### *9.6 Monitoring*

Er wordt geen monitoring gevraagd voor dit onderdeel.

### *9.7 Evaluatie WEC pilootproject*

Er wordt geen apart onderzoek gevraagd voor dit onderdeel.





## 10. Benthos en visgemeenschappen

- Het Mermaid gebied bestaat hoofdzakelijk uit een zandige bodem. Er komen zandduinen voor met een hoogte van 2 tot 4 m boven het zeebodemoppervlak. Er komt vooral gemiddeld zand met mediane diameter van 350-400  $\mu\text{m}$  voor en iets grover zand (400-500  $\mu\text{m}$ ) in het ZW deel. Die herbergen typische offshore *Ophelia limacina* en *Nephtys cirrosa* gemeenschappen, die iets armer zijn dan de kustgemeenschappen. In de voorbereidende studie van de concessiehouder werd geen dagzomend grind teruggevonden in het projectgebied.
- Tijdens de constructiefase zal de ecologische waarde van de natuurlijke benthische biotopen kwalitatief en kwantitatief negatief worden beïnvloed. De impact zal het grootst zijn wanneer grote aantallen gravitaire funderingen worden gebruikt (configuratie 2 met gravitaire funderingen), omdat hierbij grote hoeveelheden zand gebaggerd en opgeslagen dienen te worden. Een opslagdikte van het sediment van 1 m wordt als het meest negatief beoordeeld.
- Bij het leggen van de kabels zal de grootste impact ontstaan indien een sleuf gebaggerd wordt, waarbij eveneens grote volumes zand moeten worden weggehaald, tijdelijk opgeslagen in een stortzone en opnieuw opgepompt en gestort.
- Door het verlies aan zand dat optreedt tijdens de werken, zal voor zowel voor de gravitaire funderingen als de kabels zand uit zandwinningsgebieden moeten worden aangevoerd.
- Er wordt slechts een tijdelijke verhoging van de turbiditeit verwacht indien suspensie optreedt van dagzomende of aan het oppervlak gebrachte tertiaire klei met weinig gevolgen voor de biota.
- Tijdens de exploitatiefase kan door de aanwezigheid van de funderingen een wijziging van de biotoopkwaliteit verwacht worden door het rifeffect, waardoor zich een sterk gemodificeerde fauna zal ontwikkelen. Dit geldt zowel voor de funderingen en de erosiebeschermingslaag errond, als de stenen die zullen worden gestort op de kabels.
- De lokale diversiteit zal sterk verhogen door begroeiing van de geïntroduceerde harde substraten. De gemeenschap die zich op deze artificiële substraten ontwikkelt, is anders dan die op de natuurlijke harde substraten en de soortensamenstelling is geen weerspiegeling van die op natuurlijke harde substraten.
- Het rifeffect zal tevens een lokale organische aanrijking en dus biologische verrijking van het natuurlijke zandige substraat zal veroorzaken. Het rifeffect is verder verantwoordelijk voor de aantrekking van heel wat vissen, waaronder Steenbolke en Kabeljauw, en grotere kreeftachtigen alsook niet inheemse soorten. Dit rifeffect wordt het hoogst beoordeeld bij het toepassen van gravitaire funderingen.
- Het uitsluiten van actieve bodemvisserij kan als matig ecologisch positief beoordeeld worden.
- Een leemte in de kennis is het mogelijke belang van de zone als paaiplaats voor haringachtigen, zandspieringen en andere vissoorten.
- De impact van de biotoopverandering zal het minst zijn indien voor de steenbestorting van de erosiebeschermingsmaterialen (keien en stenen) gebruikt worden die van nature in de zuidelijk Noordzee voorkomen.
- De impact van de constructie en exploitatie van het WEC pilootproject is moeilijk in te schatten, gezien de grote onzekerheid omtrent het type WEC dat zal worden getest.
- Er wordt verwacht dat de introductie van bijkomende oppervlaktes aan harde substraten die gepaard zullen gaan met de plaatsing van WEC's de verdere uitbreiding van niet-inheemse soorten zal bevorderen
- Andere mogelijke effecten van de plaatsing van WEC's zijn de aggregatie van vis en organische aanrijking

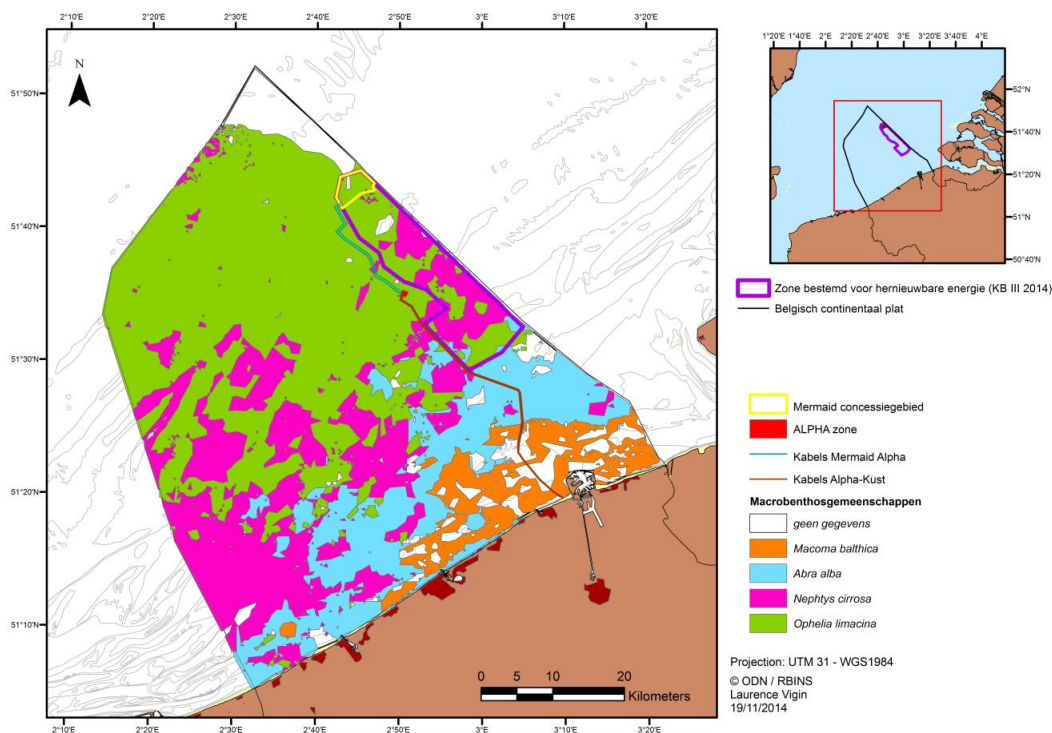
- Het Mermaid project is voor wat betreft de effecten op benthos en visgemeenschappen aanvaardbaar.

## 10.1 Inleiding

### 10.1.1 Referentiesituatie benthische gemeenschappen

Het projectgebied van Mermaid is gelegen in de Hinderbankenzone. Het gebied is gekenmerkt door zandduinen en er komt voornamelijk gemiddeld zand voor, met mediane diameter tussen 350  $\mu\text{m}$  en 500  $\mu\text{m}$  (Van Lancker *et al.*, 2007; Verfaillie *et al.*, 2006) en tertiaire kleilagen die mogelijk dicht onder het oppervlak liggen (Van Lancker *et al.*, 2007). In het MER is een screening uitgevoerd van (delen van) het concessiegebied waarbij geen dagzomende grindbedden werden vastgesteld.

Het projectgebied van Mermaid zou volgens een gemodelleerde biologische waarderingskaart (met een beperkte betrouwbaarheid vanwege een ongelijkmatige spreiding van de gebruikte data in ruimte en tijd) gekarakteriseerd worden door macrobenthische gemeenschappen met zowel een erg hoge als erg lage biologische waarde (Deraus *et al.*, 2007). In de mobiele sedimenten die in het gebied aangetroffen worden, zullen zeker twee van de vier in het Belgisch deel van de Noordzee aanwezige macrobenthische gemeenschappen aangetroffen worden, namelijk de typische offshore *Ophelia limacina* en *Nephtys cirrosa* gemeenschappen (Van Hoey *et al.*, 2004). De precieze omvang en het ruimtelijke voorkomen van deze gemeenschappen in het projectgebied, zijn niet bekend. De kustnabije *Abra alba* gemeenschap (Degraer *et al.*, 2008) komt waarschijnlijk in het projectgebied niet voor. Vermoedelijk zal ook de habitatstructurende schelpkokerworm *Lanice conchilega* niet in grote densiteit voorkomen. Door het ontbreken van dagzomend klei zal ook de unieke gemeenschap van borende tweekleppigen zoals de Witte boormossel *Barnea candida* (Degraer *et al.*, 1999) en de Amerikaanse boormossel *Petricola pholadiformis* niet voorkomen.



Figuur 10.1 Habitatgeschiktheidskaart voor de vier in Belgische wateren voorkomende macrobenthosgemeenschappen, zoals voorspeld door Degraer *et al.*, (2008). Oranje: *Macoma balthica* gemeenschap; Blauw, *Abra alba* gemeenschap; Roze, *Nephtys cirrosa* gemeenschap; Groen, *Ophelia limacina* gemeenschap.

### 10.1.2. Referentiesituatie visgemeenschappen

De demersale visgemeenschappen vertonen over het algemeen een toename in soortenrijkdom van de kust naar de offshore gebieden, terwijl de dichtheid een omgekeerde trend vertoont (De Maersschalk *et al.*, 2006; De Backer *et al.*, 2010). Uit de baseline studie van De Maersschalk *et al.* (2006) bleek de visfauna van de Hinderbanken erg divers te zijn.

Het concessiegebied van Mermaid maakt deel uit van een zandbankensysteem dat een belangrijk paaigebied zou zijn voor sprat en haring. Haring zet zijn eieren af in grovere zanden. In het verleden zijn enkele traditionele gebieden aangegeven waar de Noordzee haring vroeger paaide (Cushing en Burd, 1957; Postuma *et al.*, 1977, Sips, 1988) maar het blijkt moeilijk op a priori gebieden af te bakenen waar haring ook effectief zal paaien omdat het aantal paaigebieden afhankelijk is van het voorplantingssucces en de omvang van de stock (Burd, 1985; Corten, 2001). Daarnaast kunnen zandbanken grote populaties van zandspieringachtigen (Ammodytidae) herbergen die een voorname rol spelen in de voedselketen en die belangrijk zijn als stapelvoedsel voor zeevogels (o.a. Pearson 1968; Stienen *et al.*, 2000). De eieren van zandspiering zijn benthisch, waardoor de soort gevoelig is voor veranderingen in de zeebodemstructuur, al dan niet ten gevolge van de constructie van windturbines (Anoniem, 2004).

Over het effectieve belang van het Mermaid concessiegebied als paaiplaats voor deze soorten is echter nog weinig bekend en dit wordt als een leemte in onze kennis beschouwd.

## 10.2 *Te verwachten effecten van het windpark*

### 10.2.1 Inleiding

De te verwachten milieueffecten van een windpark op macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen worden voorgesteld in het MER (IMDC, 2014a) en werden reeds uitvoerig besproken in de milieueffectenbeoordelingen (MEB), die door de BMM werden opgesteld voor het windpark op de Thorntonbank (BMM, 2004), voor de veranderingen aan het oorspronkelijke MER voor hetzelfde windpark op de Thorntonbank (BMM, 2006), voor het windpark op de Blighbank (BMM, 2007), op de Lodewijkbank (BMM, 2009), ten zuiden van de Thorntonbank (Rumes *et al.*, 2011) en tussen de Thorntonbank en de Lodewijkbank (Rumes *et al.*, 2012a). Hier wordt ingegaan op de specifieke informatie van het huidige project of op nieuwe informatie.

### 10.2.2 Constructiefase

#### 10.2.2.1 Biotoop- en biomassaverlies

##### *Funderingen*

Tijdens de plaatsing van de funderingen zullen de activiteiten (verplaatsen en opslag van sediment, toepassen van grondverbeteringstechnieken bij het maken van de funderingsputten) leiden tot een verlies en verandering van biotopen, wat kan leiden tot veranderingen in de bestaande gemeenschappen. Biotoopverlies zal voornamelijk plaatsvinden tijdens de bouwfase, waarbij het oorspronkelijke substraat door artificieel hard substraat wordt vervangen ter hoogte van de voet van de fundering, maar waarbij, vooral in het geval van GBF, heel wat sediment wordt gebaggerd en gestort. Bij het baggeren van sediment moet van een 100% verlies aan organismen in de betreffende zones worden uitgegaan (Newell *et al.*, 1998; Van Dalfsen *et al.*, 2000; Simonini *et al.*, 2007) aangezien het bodemleven zich enkel in de bovenste 10-30 cm van het sediment bevindt, 80% van de

fauna zelfs in de bovenste 5 cm en in het geval van niet-mobiele substraten vrijwel volledig op het oppervlak. Tevens wordt de kans op overleving van macrobenthische organismen op de plaats van storten als nagenoeg onbestaande geschat (Lauwaert *et al.*, 2008). De directe impact op het bodemleven vertoont bijgevolg een lineair verband met de verstoorde oppervlakte en zal het hoogst zijn voor de GBF configuratie van 38 GBF funderingen (basisconfiguratie en configuratie 2). Voor de opslag van het overschot aan sediment in een laag van 5 m dikte – wat als meest waarschijnlijk wordt aangegeven in het MER – wordt een biotoopverlies van 1.519.100 m<sup>2</sup> geschat. Binnen dit scenario treedt er een bijkomend biotoopverlies van 172.300 m<sup>2</sup> op door de aanleg van een erosiebeschermingslaag, hetgeen in de MER niet in rekening is gebracht. Het directe en indirecte biomassaverlies door het baggeren en storten wordt bij een opslag in laag van 5 m geschat op ruim 50 ton versgewicht aan benthische organismen, met bijkomend een verlies aan iets minder dan 6 ton onder de erosiebeschermingslaag. Bij stockage met 1 m dikte loopt het geschatte biomassaverlies op tot  $\pm 115 \text{ ton}^6$  door baggeren en storten, en een kleine 6 ton gaat verloren onder de erosiebescherming. Een deel van het biotoop verdwijnt permanent onder de fundering en de erosiebescherming, maar wordt vervangen door een fouling gemeenschap die een biomassa vertegenwoordigt die vele malen hoger ligt dan hetgeen in de zachte sedimenten voorkomt (Rumes *et al.*, 2013c). Of deze biomassa ook in een ecologisch en functioneel perspectief waardevol is, dient nog verder te worden onderzocht. Verder is uit onderzoek gebleken dat het endobenthos in de zachte sedimenten zich snel herstelt na de verstoring tijdens de constructiefase. Na één jaar kan geen verschil meer worden waargenomen met de endobenthische gemeenschap die er voorkwam voor de constructie (Coates *et al.*, 2013).

De visgemeenschappen zullen worden verstoord tijdens de constructiefase van de windparken. Voor de demersale vis is het biotoopverlies hetzelfde als voor het bodemleven. Hoewel mortaliteit zal optreden, zeker van benthopelagische vis, zal deze vermoedelijk lager zijn dan voor het benthos, gezien de hoge mobiliteit van de dieren, waardoor ze het impactgebied kunnen ontvluchten. Daarentegen kan er lokaal en tijdelijk een verhoogd voedselaanbod aanwezig zijn voor de vissen, door de massale sterfte van het benthos. Een inschatting van de het biomassaverlies voor demersale vis is daarom moeilijk in te schatten.

### Kabels

In het MER wordt geen beoordeling gemaakt van de verschillende voorgestelde kabeltracés in functie van het bodemleven. Het is niet duidelijk welke gemeenschappen worden verstoord, over welke biomassa's het gaat, welk en hoeveel hard substraat zal worden geïntroduceerd. Hierdoor is geen accurate beoordeling van de effecten van de verschillende alternatieven mogelijk.

#### 10.2.2.2 Resuspensie en depositie fijne sedimenten

Het projectgebied van Mermaid wordt gekenmerkt door een tertiaire kleilaag gelegen onder een beperkte deklaag waarvan de omvang en diepte niet bekend is. Door de baggeractiviteiten, noodzakelijk voor de installatie van gravitaire funderingen en eventueel het leggen van de kabels, kunnen kleiballen vrijkomen en kan meer klei permanent dagzomen dat mogelijk aan de oppervlakte kan eroderen. Deze situatie kan een bron van slib vormen hoewel een langdurige verhoging van de turbiditeit uitgesloten lijkt (IMDC, 2012b en c; Hoofdstuk 7 van deze MEB). Het blijkt dat gemaakte putten in de zeebodem zich moeilijk opvullen (Van den Eynde *et al.*, 2010; Degrendele *et al.*, 2010). In deze putten kan zich een min of meer permanente sliblaag afzetten die de benthische organismen verstikt en zorgt voor een verarming van de fauna (e.g. Bonne, 2003; Vanaverbeke *et al.*, 2007). Ook duinen ontstaan door de opslag van zand blijken voor lange tijd aanwezig te blijven (IMDC, 2012a).

<sup>6</sup> Deze schattingen gaan uit van een gemiddelde benthische biomassa van 33 g versgewicht per m<sup>2</sup> (De Maersschalk *et al.*, 2006)

### 10.2.2.3 Trillingen en geluid

Tijdens het heien van de palen (monopile of jacket fundering) kunnen, bij gebrek aan milderende maatregelen, extreem hoge brongeluidspieken verwacht worden (Norro *et al.*, 2010, Hoofdstuk 7 van deze MEB) die ernstige gevolgen hebben voor de lokale fauna. Studies gericht op zeezoogdieren, maar evenzeer op vissen wijzen op gedragsstoornissen en fysiologische stress (zie o.a. Mueller-Blenkle *et al.*, 2010 voor Tong *Solea solea* en Kabeljauw *Gadus morhua*). Er gebeurt meer en meer onderzoek naar de effecten van geluid op vissen bestaat er nog onvoldoende kennis om de impact van heien en andere bronnen van antropogeen geluid op vissen betrouwbaar te kunnen kwantificeren (Popper en Hastings, 2009). Sommige studies rapporteren verminderde groei en levensvatbaarheid tot directe sterfte van viseieren en vislarven (zie Popper en Hastings, 2009), terwijl recent onderzoek weinig of geen impact heeft vastgesteld vislarven van Zeebaars *Dicentrarchus labrax* (Debusschere, in prep) en Tong (Bolle *et al.*, 2011). Het effect van geluid op organismen is echter contextafhankelijk: de intensiteit, frequentie en continuïteit van het geluid, de weerstand van de omgeving, de windrichting en de soortspecifieke eigenschappen zijn hierbij doorslaggevend. Gezien de verplichte milderende maatregelen en gebruiksvoorwaarden voor het heien (zie Hoofdstuk 7) worden voor dit project geen ernstige gevolgen verwacht op de lokale visfauna.

## 10.2.3 Exploitatiefase

### 10.2.3.1 Uitsluiten (bodemberoerende)visserij

Wegens de kans op schade aan de windenergieinfrastructuur wordt actieve (bodemberoerende) visserij in offshore windparken in België voorlopig uitgesloten. Bijgevolg ontstaat een zone waarin de fauna van de oorspronkelijke substraten zich kan ontwikkelen zonder de frequente verstoring van o.a. de boomkorvisserij. Aangezien de typische benthische offshore *N. cirrosa* en *O. limacina* gemeenschappen, die in pure fijn tot grofzandige sedimenten voorkomen (Van Hoey *et al.*, 2004), vrij goed zijn aangepast aan natuurlijke bodemverstoring, wordt de bijkomende impact als gevolg van boomkorvisserij als ecologisch minder significant beoordeeld. Echter, het waarnemen van significante effecten wordt in deze habitats bemoeilijkt door de grote ruimtelijke variabiliteit in het benthos in aanwezigheid van megaribbels (Lindeboom en de Groot, 1998).

Uit het preliminair bodemonderzoek blijkt dat er geen dagzomend grind zou aanwezig zijn in het projectgebied, maar dat er wel grindlagen voorkomen onder een zeer dunne toplaag (IMDC, 2014a). Dagzomend grind en stenen herbergen zeer diverse bodemdiergemeenschappen (Houziaux *et al.*, 2008), die erg waardevolle biotoopelementen vormen in het Belgische deel van de Noordzee. Na voltooiing van de werken en als het gebied niet meer door visserij verstoord wordt, bestaat de kans dat grindbedden bloot komen te liggen. Dat biedt de kans voor de kolonisatie met organismen typisch voor natuurlijk harde substraten en het ontstaan van gemeenschappen met een hoge biodiversiteit. Hoe dan ook zal het effect slechts tijdelijk zijn (periode 20 – 30 jaar) en bijgevolg niet bijdragen tot een stabiel herstel van de grindbedden.

Het is niet bekend of de pure zanden die in het gebied voorkomen, gebruikt worden als paaigebied voor haring of zandspiering. De afwezigheid van verstoring zou in dat geval wel gunstig zijn voor de populatie van deze soorten en dit zou expliciet nagegaan moeten worden.

### 10.2.3.2 Introductie artificieel hard substraat

#### *Oppervlakte aan hard substraat*

De introductie van artificiële harde substraten in een waarschijnlijk overwegend zandige biotoop zorgt voor een habitatdiversiteit. De gevolgen van de introductie wordt het “rifeffect” genoemd (Petersen en Malm, 2006). De benthische gemeenschappen die zich ontwikkelen op de funderingen en erosiebeschermingslaag verschillen fundamenteel van de natuurlijke bodemdiergemeenschap in zachte substraten. De oppervlakte artificieel hard substraat aan funderingen en erosiebescherming eromheen, beschikbaar voor kolonisatie in de Mermaid varieert van 71.300 m<sup>2</sup> voor de basisconfiguratie met monopile funderingen tot 246.000 m<sup>2</sup> voor configuratie 1 met jacket funderingen.

Daarnaast wordt ook voorzien dat een groot oppervlak aan hard substraat zal worden aangebracht ter bescherming van de kabels die kruisen met andere kabels of pijpleidingen. In het MER wordt gerefereerd naar een oppervlakte van 500 m<sup>2</sup> aan hard substraat per kruising, wat vele malen groter oppervlakte heeft dan één erosiebeschermingslaag rond een GBF. Er wordt echter niet vermeld hoeveel kruisingen er verwacht worden, en het is niet duidelijk uit welk materiaal deze zullen bestaan. Een deel van een dergelijke erosiebeschermingslaag zal vermoedelijk verzanden. De stenen die boven het zachte sediment uitsteken kunnen worden gekoloniseerd door foulingorganismen en kan vermoedelijk als habitat gebruikt worden door vissen en grotere invertebraten, zoals krabben en kreeften (Krone *et al.*, 2013). De complexiteit en de aard van de ondergrond (dus het materiaal dat voor de erosiebescherming wordt gebruikt), bepalen in belangrijke mate het soort organismen die op het harde substraat kunnen groeien en welke organismen bescherming en voedsel in en op het kunstrif kunnen vinden.

#### *Impact van de introductie van harde substraten*

Op de geïntroduceerde harde substraten treedt er een plaatselijke verhoging op van de productiviteit en de diversiteit (van Moorsel en Waardenburg, 2001, Orejas *et al.*, 2005). De harde substraten in de intergetijdenzone vormen een van nature onbestaande biotoop in de offshore zone van de Noordzee. In deze zone wordt bijgevolg een erg specifieke gemeenschap voor artificiële harde substraten aangetroffen (Kerckhof *et al.*, 2010, 2011, 2012) waarin vooral het aandeel niet-inheemse soorten – introducties uit andere oceanen en soorten van zuidelijke rotskusten waarvan het areaal zich naar het noorden uitbreidt – hoog blijkt te zijn (Kerckhof *et al.*, 2011). In de offshore intertidale zone is het aandeel geïntroduceerde soorten vergelijkbaar met of hoger dan die op artificiële harde substraten uit de kustzone (Kerckhof *et al.*, 2007, 2011). Hieruit kan worden afgeleid dat de verspreiding en de blijvende vestiging van niet-inheemse soorten bevorderd wordt door het stapsteeneffect, gecreëerd door de aanleg van de windparken in de zuidelijke Noordzee. In het subtidaal is het aantal geïntroduceerde soorten veel lager (Kerckhof *et al.*, 2012) en werden er tot nu toe maar twee soorten, het muiltje *Crepidula fornicata* en het mosdiertje *Fenestrulina delicia* aangetroffen (Francis Kerckhof, ongepubliceerd en De Blauwe *et al.*, 2014) in het BDNZ. De litorale (getijdenzone) zone wordt gekenmerkt door een gemeenschap van mossels en zeepokken (Connor *et al.*, 2004, Kerckhof *et al.*, 2011).

Ook de subtidale foulinggemeenschappen blijken te verschillen van natuurlijke harde substraten. Waarschijnlijk zal de aangroei op de verticale subtidale delen van het Mermaid windpark analoog verlopen als die op de al geïnstalleerde parken (Kerckhof *et al.*, 2012) en vergelijkbaar zijn met die op andere artificiële structuren in de zuidelijke Noordzee zoals wrakken (Zintzen, 2007; Van Moorsel *et al.*, 1991). Kenmerkend op dergelijke artificiële structuren is een grote ruimtelijke heterogeniteit, met een aantal soortenassociaties waarvan de *Metridium senile* biotoop (Connor *et al.*, 2004) het eindpunt

is. De soortensamenstelling op artificiële harde substraten weerspiegelt over het algemeen niet de gemeenschap van natuurlijke harde substraten. Bijgevolg vormen ze geen langetermijnoplossing voor het behoud of herstel van de fauna van de bedreigde natuurlijke keienvelden en oesterbanken, (Kerckhof *et al.*, 2012). Bovendien zijn ze slechts tijdelijk (geschatte levensduur van ~20-30 jaar) beschikbaar voor kolonisatie (Rumes *et al.*, 2013).

De begroeiing van de artificiële harde substraten zorgt voor een lokaal sterk verhoogde productie van en concentratie aan organisch materiaal (Kerckhof *et al.*, 2010). Deze verhoogde concentratie zorgt bij afzetting (bv. na sterfte en als faecale pellets) voor een lokale organische aanrijking van het natuurlijke zachte substraat, waardoor fijnere sedimenten met een rijkere macrobenthische fauna nabij de harde substraten worden gevonden (Coates *et al.*, 2011, 2012). Deze rijkere fauna omvat onder andere de borstelwormen *Lanice conchilega* en *Spiophanes bombyx*, twee soorten dominant binnen de *Abra alba* gemeenschap (Van Hoey *et al.*, 2004). Lokaal kan dan ook een verschuiving van de natuurlijke en armere *Nephtys cirrosa* gemeenschap naar de *A. alba* gemeenschap worden verwacht (Coates *et al.*, 2012). Er wordt verwacht dat de omvang (hoeveelheid organisch materiaal én aangetaste oppervlakte) van deze impact afhankelijk zal zijn van de totale oppervlakte aan hard substraat en zodoende het grootst zal zijn indien gebruik zou worden gemaakt van een groot aantal gravitaire funderingen.

De artificiële harde substraten dienen verder als schuilplaats en foerageergebied voor heel wat mobiele organismen, waaronder vissoorten, zoals Kabeljauw *Gadus morhua* en Steenbolke *Trisopterus luscus* (Reubens *et al.*, 2009, 2011a) en grote kreeftachtigen, zoals Noordzeekrab *Cancer pagurus*, Kreeft *Homarus gammarus*, Fluwelen zwemkrab *Necora puber* (Francis Kerckhof ongepubliceerde gegevens, Krone *et al.*, 2013). De vissen voeden zich in hoofdzaak met de rijke fauna, groeiend op de artificiële harde structuren waaronder de Porseleinkrab *Pisidia longicornis* en het vlokreeftje *Jassa herdmani* – twee soorten die dominant aanwezig zijn (Kerckhof *et al.*, 2010, 2012) – en hadden een beter dan gemiddelde conditie (Schaeck, 2011). Een belangrijk deel van deze vissen blijkt trouwens vrij trouw in de buurt van de windturbines te blijven. Zo werden individueel opgevolgde individuen tot 85 dagen (nagenoeg) continu nabij één en dezelfde fundering waargenomen (Reubens *et al.*, 2011b). Alhoewel sterk individu-afhankelijk vertonen heel wat vissen een dag-nacht patroon in hun ruimtelijke verspreiding, waarbij de vissen zich dichtbij het omringende zachte substraat bevinden bij dag en bij nacht meer ter hoogte van de erosiebeschermingslaag. Het is echter nog steeds onduidelijk in hoeverre de productiviteit van de vissen, aangetrokken tot de artificiële structuren, verhoogt door het verhoogde voedselaanbod, dan wel verlaagt door de drastisch verhoogde competitie voor voedsel. In het buitenland werd verder reeds aangetoond dat een toename in aantallen vissen rond boorplatformen in de Noordzee gepaard gaat met een daling in de ruimere omgeving van deze installaties (Fujii, 2012).

De introductie van harde substraten kan gunstig geëvalueerd worden omdat zich nieuwe soorten zullen vestigen en verschillende soorten in verhoogde aantallen en biomassa aanwezig zullen zijn. Anderzijds kan dit ook zorgen voor een negatief effect door de mogelijke toename van niet-inheemse soorten die in concurrentie treden met (eventueel commercieel interessante) inheemse soorten. Het blijft onzeker of de lokaal verhoogde aantallen vis een versterking dan wel een verzwakking van de visstock in de wijdere omgeving betekenen.

#### 10.2.4. Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen voor wat betreft biotoopverlies en suspensie van fijne sedimenten vermoedelijk gelijkaardig zijn aan die tijdens de bouwphase. Het is momenteel niet

duidelijk welke technieken gebruikt zullen worden bij de verwijdering van geheide monopile en jacket funderingen en bijgevolg kan er nog geen inschatting gemaakt worden van de effecten van eventueel verhoogd onderwatergeluid, wat zich vermoedelijk zou beperken tot vissen. Na de afbraakfase dient nagegaan te worden of er zich al dan niet een terugkeer zal voordoen naar de initiële situatie.

### *10.3 Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject*

Er wordt verwacht dat de impact die WEC's zullen hebben op bodemdier- en visgemeenschappen grotendeels vergelijkbaar zullen zijn met de impact van windturbines. Er zal biotoopverlies optreden voor de zacht substraat gemeenschap, die het grootst zal zijn bij het gebruik van Seabased WEC's. Voor het verwachte basisveld dat zal worden aangelegd, wordt een oppervlakteverstoring van 4500 m<sup>2</sup> verwacht, met een biomassaverlies aan benthos van 150 kg natgewicht. Ook de verstoring door de bekabeling is het grootst in dit scenario, met een totale oppervlakte van 4,5 ha.

De begroeiing van de harde substraten zal vermoedelijk niet veel verschillen van die op de windturbines. Een belangrijk verschil is dat bij drijvende constructies intertidaal substraat ontbreekt. Deze intertidale zone wordt op de funderingen van de windturbines gekenmerkt door relatief grote aantallen niet-inheemse soorten (NIS). Hoewel het onderzoek naar de milieueffecten van WEC's nog in de kinderschoenen staat (Frid *et al.*, 2014) zijn er toch aanwijzingen dat in het bijzonder drijvende structuren het aandeel van NIS kunnen verhogen en hun verspreiding bevorderen (Francis Kerckhof ongepubliceerd, Cook *et al.*, 2007). Zo vonden Kerckhof en Cattrijsse (2001) bij een onderzoek naar de zeepokkenfauna op boeien voor de Belgische kust dat van de 11 aangetroffen soorten er slechts twee inheems waren.

Het is niet mogelijk om een concrete inschatting te maken van de hoeveelheid hard substraat die zal worden geïntroduceerd, gezien de grote onzekerheid van het type WEC's en de onduidelijkheid over het aantal kruisingen van kabels.

Onder en nabij de turbines, afhankelijk van het type dat zal worden gebruikt, kan een aanrijking van organisch materiaal worden verwacht in de vorm van (pseudo)faeces en al dan niet afgestorven, organismen die van de structuren loskomen. Dit kan een invloed hebben op het bodemleven.

Voor bepaalde vissoorten die gevoelig kunnen zijn voor elektromagnetische velden (o.a. kraakbeenvissen, maar ook Kabeljauw), kan niet worden uitgesloten dat de vele kabels die tussen de WEC's zullen worden gelegd, een negatief effect zullen hebben op deze soorten. Het onderzoek hiernaar is echter nog niet ver genoeg gevorderd om hier een eenduidige inschatting van te kunnen maken.

Tot slot kan ook aantrekking van pelagische vissen tot de WEC's worden verwacht, een aspect dat niet is behandeld in de MER. Concentratie van deze dieren rond voorwerpen in de waterkolom is bekend (Castro *et al.*, 2001; Vandendriessche *et al.*, 2007). Het is onduidelijk of er hierdoor een verhoogde mortaliteit kan optreden voor vissen.

### *10.4 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten*

Na de realisatie zal het Mermaid windpark bijdragen tot de cumulatieve effecten in de hele zone voorzien voor windenergie en bij uitbreiding in de hele zuidelijk Noordzee waar grote gebieden aangeduid zijn voor windparken op zee. Cumulatieve effecten zullen vooral optreden tijdens de exploitatiefase. De toename aan artificieel hard substraat is een van de belangrijkste effecten met een



versterking van het zogenaamde rifeffect. In de getijdenzone – een zone die vroeger niet in open zee voorkwam – zal een toename van niet-inheemse soorten en een toename aan inheemse mosselen *Mytilus edulis* optreden. Dit kan leiden tot een “Mytilisering” van de Noordzee (Krone *et al.*, 2013), die in een later stadium zou kunnen overgaan in een “veroestering” als de populatie van de niet-inheemse oester *Crassostrea gigas* zich verder ontwikkelt. Daarnaast zijn ook de gevolgen (na herstel van de impact als gevolg van de installatiewerken) van de sluiting van het gebied voor bodemverstoringende visserij op bepaalde vissoorten en benthische habitats cumulatief.

De dichtstbijzijnde Natura 2000 gebieden zijn de Voordelta en de Vlake van de Raan in Nederlandse wateren. De soorten waarvoor instandhoudingsdoelen (ISHD) zijn gedefinieerd, zijn Fint, Zeepril en Rivierpril. Deze anadrome vissen worden vooral bedreigd door aantasting van hun habitat in het zoetwater. Daarom zal de constructie en de aanwezigheid van het Mermaid park geen (negatieve) invloed hebben op de ISHD voor deze soorten.

## 10.5 Besluit

### 10.5.1 Aanvaardbaarheid

Gezien de relatief kleine omvang van het park tegenover het verspreidingsgebied op het BDNZ van de eventuele getroffen soorten, en gezien de geringe effecten die verwacht worden, is de BMM van oordeel dat de bouw en exploitatie van het Mermaid windpark, voor wat betreft de mogelijke effecten op macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen, aanvaardbaar is voor alle mogelijke configuraties en technieken voorgesteld in het MER (IMDC, 2014a), mits het respecteren van onderstaande voorwaarden. De variatie met GBF's (in configuratie 2 en 3) scoort echter significant ongunstiger vanwege de grotere milieu-impact.

### 10.5.2 Voorwaarden en aanbevelingen

#### *Bewaring bodemkwaliteit*

Na uitvoering van de werken tijdens de constructiefase is een herstel van de site gewenst. Dit herstel impliceert een maximaal herstel van de natuurlijke geomorfologie tussen de funderingen, maar evenzeer het herstel van de sedimentsamenstelling van de oppervlakkige sedimenten. Met andere woorden: zowel het bodemprofiel als de sedimentsamenstelling moet na uitvoering van de werken zo goed als technisch mogelijk in de oorspronkelijke toestand teruggebracht worden. Dit geldt tevens en vooral voor het eventueel opnieuw afdekken van eventueel tijdens de werken blootgelegde tertiaire kleilagen. Op deze manier wordt het milieu tussen de funderingen in de oorspronkelijke, natuurlijke conditie gebracht, waardoor het herstel van de oorspronkelijke bodemgemeenschappen optimaal wordt gefaciliteerd.

#### *Introductie artificieel hard substraat*

Aangezien, als gevolg van de toegenomen aanwezigheid van artificiële harde substraten, een merkelijke toename van niet-inheemse soorten wordt verwacht, dient de introductie van harde substraten tot het minimum beperkt te worden. Verder dienen voor de erosiebescherming uitsluitend natuurlijke materialen gebruikt te worden. Bij de ontmanteling dient ook de erosiebescherming, indien gebruikt, verwijderd te worden.

#### 10.5.2.1 Voorwaarden

Voorbereidend grondonderzoek dient uit te wijzen of dagzomend grind aanwezig is in het projectgebied en wat de omvang ervan is. De resultaten van het onderzoek dienen voorafgaand aan de start van de werken aan de BMM overgemaakt te worden. Op basis hiervan zal beslist worden of een bijkomend deel van de monitoring gericht op dagzomend grind moet worden uitgevoerd.

Voor zover technisch mogelijk dient de erosiebescherming (ook ter hoogte van de kruisingen met de kabels en leidingen) te bestaan uit natuurlijk grind en keien (silex).

Indien de houder het nodig acht eventuele aangroei te verwijderen dan mogen hiervoor geen chemische producten gebruikt worden. De BMM geeft, na de optie niets doen, de voorkeur aan mechanische verwijdering. Indien de houder de aangroei wenst te verwijderen, om welke redenen ook, dient dit 1 maand voorafgaandelijk aan de BMM te worden meegedeeld.

Bij de ontmanteling dienen alle aangebrachte constructies, inclusief de erosiebescherming indien gebruikt, verwijderd te worden.

Na de uitbatingperiode van de kabels dienen alle stukken die deel uitmaken van de voorziene kruisingsopstelling verwijderd te worden. Dit geldt voor de beschermingsmatrassen en andere kunstmatige erosiebescherming evenals samenhangende structuren (naast de verwijdering van de steenbestortingen en de kabels).

Na beëindiging van de constructiefase is een maximaal herstel van de site vereist. De vergunninghouder dient aan te tonen dat eventueel tijdens de werken blootgelegde tertiaire kleilagen opnieuw werden afgedekt.

De houder moet de BMM jaarlijks op de hoogte brengen van de afmetingen, locatie en samenstelling van de erosiebescherming in het concessiegebied en langs het kabeltracé.

#### 10.5.2.2 Aanbevelingen

Om een maximale overleving en minimale verstoring van het bodemleven tijdens de constructiewerkzaamheden te verzekeren is het aanbevolen om de verstoorde oppervlakte (door baggeren, storten en plaatsing van de funderingen) tot een minimum te beperken. Dit kan in eerste instantie door te kiezen voor configuraties met een beperkt aantal monopiles of jacket funderingen, en het gebaggerde zand met een laagdikte van 5 m op te slaan en voor het leggen van de kabels gebruik te maken van jetting of ploegen.

### *10.6 Monitoring windpark*

De monitoring moet het mogelijk maken om eventuele veranderingen in het onderwaterleven als gevolg van de inplanting van een windpark te kunnen detecteren en te kunnen vergelijken met andere projecten en gebieden. Opdat eventuele permanente veranderingen zouden kunnen vastgesteld worden, is een grondige en voldoende lange monitoring van de diverse gemeenschappen noodzakelijk. De te verwachten effecten zijn sterk afhankelijk van de uiteindelijke keuze van funderingstypes en installatietechnieken. Dit onderzoek sluit aan bij het bestaande onderzoek naar harde substraten, macrobenthos, epibenthos en visfauna en de inspanningen zullen dus zo efficiënt mogelijk verdeeld worden over de verschillende windparken en concessiehouders en zullen bijgevolg niet in elk park plaatsvinden.

### 10.6.1 Basismonitoring: Kolonisatie en successie artificieel hard substraat

Door de introductie van artificiële harde substraten in een waarschijnlijk overwegend zandige omgeving wordt een nieuwe biotoop geïntroduceerd, waaronder een intertidale zone, die normaal niet offshore voorkomt. Dit heeft als gevolg dat zich op de structuren nieuwe soorten vestigen in een gemeenschap typisch voor artificiële harde substraten. Gelijklopend met de kolonisatie door epifauna worden ook vissen, zoals Steenbolk en Kabeljauw, en grotere epibenthische organismen, zoals kreeften, tot de harde substraten aangetrokken. Alle soorten samen vormen een karakteristieke gemeenschap, geassocieerd met de artificiële harde substraten. Er zijn echter indicaties dat deze gemeenschap verschillend is van die van natuurlijke harde substraten. Vooral het aandeel niet-inheemse soorten – introducties uit andere oceanen en soorten van zuidelijke rotskusten waarvan het areaal zich naar het noorden uitbreidt – blijkt hoog te zijn (Kerckhof *et al.*, 2011). Omdat er in het BDNZ meer en meer artificiële substraten geïntroduceerd worden, dient het eventuele stapsteeneffect ten aanzien van de introductie van niet-inheemse soorten onderzocht te worden.

Het onderzoek van de artificiële harde substraten moet gericht zijn op de vestiging, de ontwikkeling en de aard (niet-inheems, inheems) van de organismen op en rond de nieuwe structuren en naar specifieke soorten, die een indicatie kunnen geven van de gezondheidstoestand van het habitat.

Op de bestaande windturbines zijn drie habitats te onderscheiden: de erosiebescherming rond de fundering van de windturbine (HARD ER), de fundering subtidaal (HARD SUB) en de fundering intertidaal (HARD INT), die alle drie onderzocht moeten worden. Op basis van de monitoring in ander parken, is de vroege successie grondig bestudeerd aan de hand van seizoenale bemonsteringen. Uit deze resultaten is gebleken dat voor de toekomstige monitoring, een jaarlijkse staalname voldoende is, bij voorkeur tijdens de late zomer/vroege herfst.

De staalname van de epifauna (HARD SUB) gebeurt bij voorkeur aan de hand van een combinatie van

- schraapstalen (3 replicaten), waarbij een oppervlak van 25 cm x 25 cm wordt afgeschraapt van de fundering en in een opvangnet wordt verzameld, en in het labo op soortniveau (waar mogelijk) worden gedetermineerd.
- foto's, minimaal 5 kwadranten van 50 cm x 50 cm, die vervolgens via een gestandaardiseerde manier aan de hand van beeldanalyse worden verwerkt.
- video-opnames, als kwalitatieve dataset, waarbij soorten die niet in de stalen of op de foto's voorkomen, kunnen worden waargenomen.

Bij de intertidale staalname (HARD INT) is het gebruik van een staalnameframe praktisch niet mogelijk en daar gebeurt de staalname kwalitatief, door het afschrappen van een willekeurig deel van de aangroei. Alternatieve technieken van bemonstering van de aangroei kunnen toegepast worden als blijkt dat deze goede resultaten opleveren. De ISO 19493:2007 norm Waterkwaliteit - Richtlijn voor marien biologisch onderzoek van litorale en sublitorale verharde bodem biedt nuttige richtlijnen voor het uitvoeren van de bemonstering en dient zoveel mogelijk gevolgd te worden.

Voor de aangroei op de erosiebescherming (HARD ER) worden jaarlijks stenen verzameld. De organismen die aan de stenen zijn vastgehecht worden in het labo op soort gebracht.

Een detailopname van de visfauna en grotere mobile epibenthische organismen zoals grotere kreeftachtigen (HARD VIS) dient één maal per jaar nabij minimaal één windturbine van elk

verschillend funderingstype te worden uitgevoerd en dat gebeurt bij voorkeur tijdens de zomer. In het kader van deze monitoring kunnen passieve vistechnieken, zoals fuiken, of observaties gebruikt worden om een populatie-analyse uit te voeren op deze laatstgenoemde soorten.

### 10.6.2 Basismonitoring: Ontwikkeling natuurlijke zacht substraat fauna (endobenthos, epibenthos en demersale en benthische vissen) in windenergiezone.

Als gecombineerd gevolg van onder andere de (lokale) organische aanrijking ten gevolge van de begroeiing van de windturbinefunderingen en een eventueel verhoogde turbiditeit, worden veranderingen in het natuurlijke zachte substraten bodemleven verwacht. Wijzigingen in de typische offshore *N. cirrosa* en *O. limacina* biotopen, zijn reeds geobserveerd nabij funderingen van windturbines (Coates *et al.*, 2013b). De opvolging van de langetermijnontwikkeling zal inzicht verschaffen in het geïntegreerde effect van het offshore windpark op de fauna van zandige substraten.

Voor de basismonitoring van de windparken wordt een Before-After-Control-Impact (BACI; Smith, 2002) design toegepast. Hierbij wordt het resulterende milieueffect afgeleid uit de vergelijking tussen de situatie vóór en na de bouw van het windpark, alsook tussen de impactzone en een referentiezone.

Voorafgaand aan de werkzaamheden (T-1 = referentiesituatie) wordt de fauna van de referentie- en impactzone gedetailleerd bemonsterd (random bemonstering), waarbij macrobenthosstalen ecologisch zo wijd verbreid als mogelijk worden verzameld (= stratified random bemonstering); dit zowel in een referentiegebied als de impactzone. Op basis van deze gegevens wordt een selectie van een aantal stations in referentie- en impactzone voor verdere opvolging van het macrobenthos tijdens de constructie- en exploitatiefase gemaakt (T0+ = tijdsreeks vaste stations, gerepliceerd). Bij deze selectie wordt rekening gehouden met de ecologische variabiliteit in het Belgische concessiegebied (cf. biotopen). Naast het macrobenthos worden naast het epibenthos ook demersale, benthische en benthopelagische vissen opgevolgd. Hiertoe worden jaarlijks vistracks bemonsterd.

De staalname van alle benthische ecosysteemcomponenten vindt idealiter plaats in het najaar (half september – half november). Om een beeld te krijgen van de lange termijn veranderingen dient deze staalname verder te worden gezet over de hele periode van de activiteit. Op te meten responsvariabelen zijn: soortenrijkdom, dichtheid en biomassa. Op te meten verklarende variabelen omvatten minstens de sedimentsamenstelling en het gehalte organisch materiaal in de bodem. Om de vergelijkbaarheid van de data afkomstig van de monitoring van alle windparken in het BDNZ te garanderen, worden dezelfde staalname- en verwerkingstechniek als deze toegepast over alle windparken. Voor details: zie Degraer *et al.*, (2010).

Naast een algemene beschrijving van waargenomen veranderingen wordt de ecologische significantie van de veranderingen ingeschat aan de hand van milieukwaliteitsindicatoren, zoals de Benthos Ecosystem Quality Index (BEQI; Van Hoey *et al.*, 2007). Een geïntegreerde analyse van de macrobenthos-, epibenthos- en visgegevens moet finaal toelaten hypothesen betreffende de functionele samenhang van de fauna van de natuurlijke zachte substraten en meer specifiek de geïntegreerde impact van het offshore windpark hierop te evalueren.

### 10.6.3 Gerichte monitoring: Ammodytidae - populaties en paaigedrag in de geulen van de Belgische windenergiezone

Bij gebruik van GBF's zullen grote hoeveelheden sediment worden gewonnen, gestockeerd en gestort. De kans dat het Mermaid projectgebied en bij uitbreiding de hele Belgische concessiezone voorzien voor windturbines op bepaalde tijdstippen als paaiplaats fungeert voor Zandspiering, Haring of Sprot kan niet uitgesloten worden en vormt bijgevolg een leemte in de kennis.

Om een inschatting te kunnen maken van de effecten van windparken op zandspieringpopulaties is een geïntegreerde studie over de verschillende levensstadia noodzakelijk. Ten eerste moet de dynamiek van de adulten (>2 jaar) in kaart worden gebracht, meer bepaald de ruimtelijke en temporele variatie in hun voorkomen, en de verdeling tussen de verschillende soorten. Adulten zijn na rekrutering grotendeels sedentair en kunnen bemonsterd worden met een bodemschaaf (ICES, 2011). Metingen van omgevingsvariabelen moeten minstens sedimentsamenstelling, oppervlaktewatertemperatuur, bodemtemperatuur, saliniteit, getijmoment en diepte omvatten, aangezien deze reeds door Van der Kooij *et al.*, (2008) werden geïdentificeerd als bepalend voor de verspreiding van zandspierungen op de Doggerbank. Een volgende stap is het bestuderen van het paaigedrag en de locatie van de paaigronden. Aangezien eitjes van de familie Ammodytidae moeilijk op soort te brengen zijn aan de hand van morfologische kenmerken, kan geopteerd worden om moleculaire merkers te gebruiken die de aanwezigheid van eitjes van een bepaalde soort in een bodemstaal kunnen bevestigen, i.e. via DNA extractie uit sediment (zie Mitchell *et al.*, 1998). Ten slotte dient de planktonische fase van de verschillende zandspieringsoorten te worden bestudeerd. Klassiek worden dergelijke vislarven bemonsterd met een Bongonet met maaswijdte van 0.5 mm die op undulerende wijze door de waterkolom wordt gesleept. Op basis van deze gegevens kan een inschatting worden gemaakt van de verspreiding van jonge levensstadia en kan een verband worden gelegd met de rekrutering naar de bodem. Om het relatieve belang van het concessiegebied voor zandspieringpopulaties te kunnen inschatten, dient het in een ruimer ruimtelijk kader te kunnen geplaatst worden.

### 10.7 Evaluatie WEC pilootproject

Binnen het MERMAID park zal een kleinschalig pilootproject worden opgezet waarbij een aantal WEC's tussen de windturbines zullen worden geplaatst. Het onderzoek dat voor dit pilootproject dient uitgevoerd te worden moet erop gericht inzicht te krijgen in de processen die zich op en rond deze objecten afspelen en moet toelaten om een gefundeerde beoordeling te maken van de effecten op benthos en visgemeenschappen die te verwachten zullen zijn bij de realisatie van een grootschalig WEC park.

In het eerste en tweede jaar na de installatie van de WEC's moet de vergunninghouder de effecten van de WEC's op benthos en visgemeenschappen onderzoeken. Een afstemming dient te gebeuren met de monitoring uitgevoerd voor de effecten van windparken. De doelstellingen en methodiek van dit onderzoek moeten voorafgaandelijk aan de BMM voorgelegd worden ter goedkeuring.

Van de studie zal een rapport worden opgesteld dat naast de doelstellingen en de methodiek de verwerkte gegevens voorstelt en bespreekt. Dit rapport wordt uiterlijk 2 maanden na het aflopen van het jaar van de survey bij de BMM ingediend en zal door de onderzoekers aan de medewerkers van de BMM op een vergadering voorgesteld worden. Met het rapport worden ook de observaties in elektronische vorm ter beschikking gesteld van de BMM. Van de onderzoekers wordt een actieve

deelname verwacht aan eventuele workshops ingericht over de monitoring van de energieparken op het BDNZ, ingericht door de BMM.

Tijdens de monitoring zullen eerste opmerkelijke bevindingen of waarnemingen ad hoc meegedeeld worden aan de BMM.

### 10.7.1. Begroeiing op hard substraat

Bij de introductie van WEC's zal een bijkomend oppervlak aan hard substraat in het mariene milieu worden geïntroduceerd. Onderzoek naar debegroeiing op de WEC's is erop gericht de gemeenschap te bestuderen die de WEC's koloniseren, met hierbij specifieke aandacht voor NIS. De monitoring van NIS is noodzakelijk in het kader van de MSFD. Dit onderzoek moet zich toespitsen op eventuele drijvende structuren. Hierbij zullen jaarlijks (late zomer – vroege herfst) stalen moeten worden verzameld door organismen van het substraat af te schrapen in het subtidaal en de spatzone, en in het labo verder te analyseren tot op soortsniveau, waar mogelijk. De voorkeur wordt gegeven aan kwantitatieve stalen, waarbij een bepaald oppervlak wordt bemonsterd. Deze dataset dient te worden aangevuld met foto- en video gegevens, niet enkel van de WEC's maar ook van de funderingen en kabels. Hoe deze data precies kunnen en zullen verzameld worden, zal afhankelijk zijn van het type WEC's en de toegankelijkheid ervan.

### 10.7.2. Ontwikkeling levensgemeenschappen in het zacht substraat

Impact op de levensgemeenschappen in het zachte substraat wordt voornamelijk verwacht door input van organisch materiaal afkomstig van de harde substraten. Deze input kan enerzijds bestaan uit excretieproducten van de aangroeiende fauna, of anderzijds uit organismen die van de structuren loskomen en op de bodem vallen. Door de stroming kan invloed worden verwacht zowel onder als in de buurt van de WEC's. Het onderzoek van het zachte substraat dient er dan ook op gericht te zijn deze effecten waar te nemen en te kwantificeren.

Voor de monitoring van de endofauna in het zacht substraat dienen stalen te worden verzameld onder de WEC's en volgens een gradiënt volgens de dominante stroomrichting weg van de WEC's, waarbij in elke richting op drie afstanden telkens drie replicaten worden verzameld. Afhankelijk van de toegankelijkheid kunnen deze stalen worden verzameld met een Van Veen grijper, of dienen duikers te worden ingezet. Ook het epibenthos en de demersale vis dienen idealiter volgens eenzelfde patroon opgevolgd te worden. Het lijkt echter a priori uitgesloten dat er boomkorstalen zullen kunnen worden verzameld binnen een WEC veld. De strategie kan zodanig worden aangepast dat zo dicht mogelijk van de WEC's wordt bemonsterd.

### 10.7.3. Impact op pelagische vis

Er wordt verwacht dat pelagische vis zich zal concentreren rond de WEC's. Er dient een semi-kwantitatieve inschatting worden gemaakt van de pelagische vis in de buurt van de WEC's, en dit zal worden vergeleken met een referentiegebied. Door de lengte van de vis te bepalen, kan een lengte-frequentiedistributie worden opgesteld, en een zo een link worden gemaakt naar de leeftijdsklassen van de individuen (Reubens *et al.*, 2013).

## 11. Zeezoogdieren

- De densiteit aan bruinvissen in het noordelijk deel van Belgische wateren is seizoenaal relatief hoog, en bijvoorbeeld hoger dan in het zuidoosten van Belgische wateren.
- De seizoenale patronen, en de densiteiten van bruinvissen, zijn niet stabiel, en vertonen jaarlijkse schommelingen, mogelijk door meteorologische omstandigheden. De hoogste densiteiten worden doorgaans vastgesteld in maart-april.
- Tijdens voorbereidend geofysisch onderzoek voor het voorgestelde project, zoals voor het bepalen van de gelaagdheid van de ondergrond, worden technieken gebruikt die onder water hoge geluidsniveaus produceren; voor het uitvoeren van dergelijke surveys gelden een aantal voorwaarden die tot doel hebben negatieve effecten op zeezoogdieren zoveel mogelijk te beperken.
- Tijdens de constructiefase zijn de belangrijkste te verwachten effecten op zeezoogdieren van het windpark verstoring, vooral van bruinvissen, gezien deze seizoenaal in hoge dichtheden voorkomen in de zuidelijke Noordzee, en gezien ze relatief gevoelig zijn voor geluid.
- Deze verstoring kan, gezien de geluidsniveau's veroorzaakt, op relatief grote ruimtelijke schaal voorkomen tijdens het heien van zowel monopiles als jacketfunderingen. De betekenis van de impact zowel op individuele dieren als op de populatie is niet goed gekend.
- Nieuw onderzoek toont aan dat verstoring van bruinvissen optreedt bij geluid dat 40-50 dB boven de gehoordrempel ligt bij de betreffende frequentie – bij toepassing van een frequentieweging tegenover het audiogram van de bruinvis, en een integratie van het (korte) geluidssignaal over een tijdsperiode van 125 ms, terwijl tijdelijke gehoorschade optreedt bij geluid van 100 dB boven de gehoordrempel bij de betreffende frequentie.
- Bij gebruik van gravitaire funderingen en van suction bucket funderingen wordt minder geluid veroorzaakt onder water, en wordt verwacht dat de effecten op beperkte ruimtelijke schaal voorkomen. Hetzelfde geldt voor andere constructie-activiteiten, zoals het baggeren, plaatsen van erosiebescherming en plaatsen van de kabel.
- Op zeehonden worden minder belangrijke effecten verwacht tijdens de constructiefase van windturbines.
- De effecten van geluid, zeker indien tijdens de constructiefase geheid wordt, zijn gelijkaardig in aanpalende Nederlandse wateren. De effecten op gebieden in Nederland aangeduid als beschermd gebied voor zeehonden zullen beperkt zijn, gezien de afstand tot de projectsite.
- Tijdens de operationele fase van de windturbines is het effect op bruinvissen niet goed gekend: mogelijk worden ze aangetrokken, mogelijk is er een verstoring op beperkte ruimtelijke schaal.
- Tijdens de operationele fase van windturbines worden geen negatieve effecten verwacht op zeehonden.
- Indien heien toegepast wordt bij de installatie van WEC's, worden gelijkaardige effecten verwacht op zeezoogdieren als bij het heien van palen voor windturbines. Indien niet geheid wordt, zal de verstoring tijdens de constructiefase hoogstwaarschijnlijk zeer beperkt blijven.
- De invloed op zeezoogdieren tijdens de operationele fase van WEC's is niet gekend.
- Het project Mermaid is, voor wat betreft het plaatsen van de windturbines, enkel aanvaardbaar mits het naleven van de voorwaarden. Daarnaast worden een aantal aanbevelingen gemaakt.
- Bij gebrek aan gegevens over de mogelijke impact op zeezoogdieren van de installatie en operatie van de zes mogelijke types WEC's zal de vergunninghouder verplicht worden de effecten nader te onderzoeken tijdens het pilootproject .

## 11.1 Inleiding

Het geplande Mermaid project zal, afhankelijk van de uitvoering, bepaalde effecten hebben op zeezoogdieren. Het MER (IMDC, 2014a) is tamelijk volledig in het beschrijven van de achtergrondsituatie en de beschrijving van de mogelijke effecten, zonder echter te refereren naar recente informatie. Het maakt vooral gebruik van informatie beschikbaar in eerdere MERs en in beoordelingen van offshore windpark projecten. Deze beoordeling voegt nieuwe informatie toe, zoals beschikbaar via de uitgevoerde monitoring, en geeft een overzicht van recent gepubliceerde bevindingen. Nieuw in dit project is het plaatsen van WEC's, waarvan de effecten op zeezoogdieren nog grotendeels onbekend zijn.

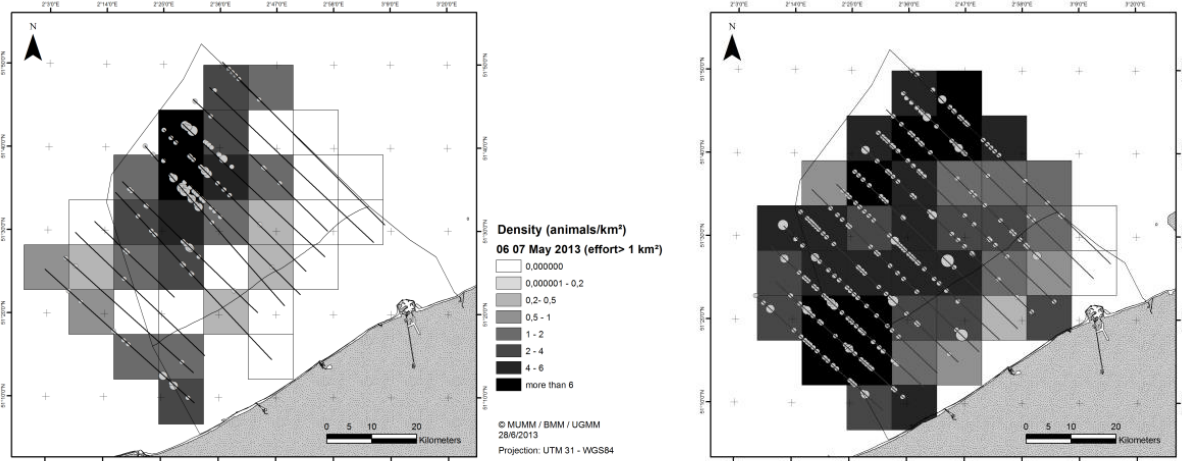
De situatie in de Belgische wateren in de onmiddellijke omgeving van het Mermaid concessiegebied is gelijkaardig aan deze in de aanpalende Nederlandse wateren; de mogelijke effecten zullen als dusdanig gelijkaardig zijn voor deze Nederlandse wateren, en de maatregelen voorgesteld zullen zowel voor de Belgische als Nederlandse wateren effect hebben; effecten, en effecten als gevolg van milderende maatregelen, worden hier niet apart besproken.

## 11.2 Te verwachten effecten van het windpark

### 11.2.1. Referentiesituatie

De referentiesituatie wordt grondig besproken in het MER (IMDC, 2014a). Als aanvulling wordt volgende (niet gepubliceerde) informatie gegeven. De Bruinvis *Phocoena phocoena* is veruit het meest algemene zeezoogdier in Belgische en aanpalende Nederlandse wateren. Het aantal strandingen van bruinvissen in België in 2013 bedroeg 149 – meer dan ooit tevoren vastgesteld, met de hoogste aantallen ooit in de maanden april, mei en juni, en met hoge aantallen in de Schelde en binnenwateren. Mogelijk bleven bruinvissen als gevolg van een koude en lange winter langer in de Zuidelijke Noordzee, waarbij er ongewoon veel de Schelde zijn opgezwommen. De dichtheden in Belgische wateren, zoals vastgesteld bij luchtsurveys in januari en februari 2013, leverden schattingen van gemiddelde densiteit van bruinvissen die gelijkaardig waren als in vorige jaren: respectievelijk 0,9 (0,5-1,6) en 1,0 (0,7-1,4) bruinvissen/km<sup>2</sup> (voorlopige data KBIN, niet gepubliceerd). De schatting van de densiteit in mei 2013 was echter relatief zeer hoog, met 1,7 (1,1-2,6) bruinvissen/km<sup>2</sup> (tegenover minder dan 0,3/km<sup>2</sup> in mei 2008 en 2009). Deze hoge densiteit biedt mede een verklaring voor het ongewoon hoog aantal gestrande dieren in de late lente van 2013. De dieren waren in mei 2013 niet gelijk verspreid, met een duidelijk concentratiegebied in het noordelijk gedeelte van Belgische wateren (Figuur 11.1). In september 2013 werden opnieuw lagere dichtheden vastgesteld: gemiddeld 0,6 (0,4-0,9) dieren/km<sup>2</sup>. Tijdens een luchtsurvey op 1 april 2014 werden zeer hoge dichtheden aan bruinvissen vastgesteld (de hoogste ooit, en ook op Noordzeeschaal een zeer hoge dichtheid): gemiddeld 4,0 (3,2-4,9) bruinvissen/km<sup>2</sup> (voorlopige data KBIN, niet gepubliceerd; Figuur 11.1). De hoogste dichtheden werden vastgesteld in het noordelijke en westelijke deel van Belgische wateren. Enkel in een klein deel (het meest zuidoostelijke gedeelte) van Belgische wateren werden tijdens deze surveys geen bruinvissen waargenomen.





Figuur 11.1. Dichtheid van bruinvissen in Belgische wateren geschat op basis van de resultaten van luchtsurveys uitgevoerd in mei 2013 (links) en april 2014 (rechts); (voorlopige data KBIN, niet gepubliceerd).

De resultaten van het strandingenonderzoek en de luchtsurveys tonen aan dat belangrijke schommelingen voorkomen in de densiteit, verspreiding en seizoenaliteit van bruinvissen in Belgische wateren. Daarenboven blijkt dat het patroon van voorkomen niet zeer stabiel is over de loop der jaren.

Voor wat betreft zeehonden blijkt uit waarnemingsdata dat de Gewone *Phoca vitulina* en vooral de Grijze zeehond *Halichoerus grypus* in aantal toenemen in Belgische wateren (data KBIN, niet gepubliceerd) – zonder dat sprake is van de vestiging van een kolonie of permanent gebruikte rustplaats. Het blijft – op het niveau van de zuidelijke Noordzee – echter gaan om relatief beperkte aantallen.

De aantallen van de andere zeezoogdieren blijven ondergeschikt aan de aantallen bruinvissen. Zo werden in 2013 en 2014 opnieuw enkele kleine groepjes Witsnuitdolfijn *Lagenorhynchus albirostris* waargenomen. In de late zomer en het najaar van de laatste jaren werden enkele opmerkelijke waarnemingen verricht: waarnemingen van een Dwergvinvis *Balaenoptera acutorostrata* (augustus 2013), Tuimelaar *Tursiops truncatus* (1 dier in september 2014, 35 dieren in oktober 2014), een Bultrug *Megaptera novaeangliae* (september 2013) en Griend *Globicephala melas* (40-tal dieren in november 2014).

### 11.2.2. Voorbereidende fase

Voor het onderzoek van de structuur van de zeebodem en onderliggende ondergrond zullen toestellen gebruikt worden die mogelijk zeezoogdieren verstoren. Bij geofysisch onderzoek dient artikel 19 van het Koninklijk Besluit van 21 december 2001 (Belgisch Staatsblad van 14 februari 2002) betreffende de soortenbescherming in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België te worden nageleefd:

- §1. Voor het gebruik van akoestische toestellen van het type sparker, watergun, boomer systeem of van toestellen waarbij luchtdrukbronnen gebruikt worden met een totale inhoud van meer dan 50 kubieke inch, en voor het gebruik onder water van explosieven, van welke aard ook, geldt een meldingsplicht. Deze meldingsplicht geldt niet voor sonars die werken bij een frequentie van hoger dan 5 kHz en voor echopeilers. De melding gebeurt volgens de procedure voorzien in Bijlage 4 van dit KB.

- §2. Bij het uitvoeren van deze activiteiten dient men de BMM te raadplegen over de te volgen richtlijnen met het oog op de bescherming van de soorten van de Bijlagen 1, 2 en 3.
- §3. Onverminderd artikel 27 van de wet wordt het gebruik van SONAR met een werkfrequentie van 5 kHz of minder, van akoestische luchtdrukbronnen met een totale inhoud van 250 kubieke inch of meer, en van explosieven met een TNT equivalent van 100 kg of meer, bovendien onderworpen aan de voorafgaande vergunning of machtiging, voorzien in artikel 25 van de wet.

Gezien de beoogde penetratiediepte van de ondergrond bij het onderzoek beperkt is, zullen hoogstwaarschijnlijk toestellen gebruikt worden met een beperkt vermogen. Voor het vermijden van effecten op zeezoogdieren, cfr. §2 van het KB, dienen een aantal richtlijnen te worden gevolgd die hieronder worden geformuleerd (zie 11.5.2.1).

### 11.2.3. Constructiefase

Verstoring van zeezoogdieren zal optreden door toenemende activiteiten, zoals scheepvaartverkeer, baggerwerken, het leggen van de kabel, etc., maar het valt niet te verwachten dat dergelijke activiteiten significant negatieve effecten zullen hebben op zeezoogdieren: ze zijn zeer tijdelijk en het geluidsniveau onder water gegenereerd – waar bekend – laat slechts een beperkte impactradius vermoeden. Het niveau van het onderwatergeluid dat veroorzaakt wordt bij jetting, ploegen en baggeren blijft een leemte in de kennis. Een beperkte verhoging van het onderwatergeluid, en bijgevolg een beperkt effect in ruimte en tijd op zeezoogdieren, wordt eveneens verwacht bij het plaatsen van suction bucket funderingen (hoewel het geluidsniveau hierbij geproduceerd een leemte in de kennis is) en gravitaire funderingen. De belangrijkste acute effecten op zeezoogdieren kunnen verwacht worden bij het heien van palen. Bij gebrek aan milderende maatregelen, ontstaan bij het heien onder water hoge geluidsniveaus (zie Hoofdstuk 7 van deze MEB), met een verstoring vastgesteld (of voorspeld) bij bruinvissen tot op tientallen km afstand (Haelters *et al.*, 2013; Dähne *et al.*, 2013; 2014; Kastelein *et al.*, 2013).

De relatief grote waterdiepte bij dit project (+ 30 m), en de hoge inheidiepte (tot 64 m), heeft onbekende gevolgen voor de geluidspropagatie, en bijgevolg voor de effecten. Er zijn weinig gegevens beschikbaar over het geluid gegenereerd door het heien van palen met een diameter van meer dan 5 m. Bij dit project kunnen monopiles gebruikt worden met een diameter tot 7,5 m, terwijl voor jackets maximale paaldiameters van 2,5 m verwacht worden. Volgens Nehls *et al.* (2007), Bailey *et al.* (2010) en Norro *et al.* (2012) stijgt het onderwatergeluid met de diameter van de palen die geheid worden.

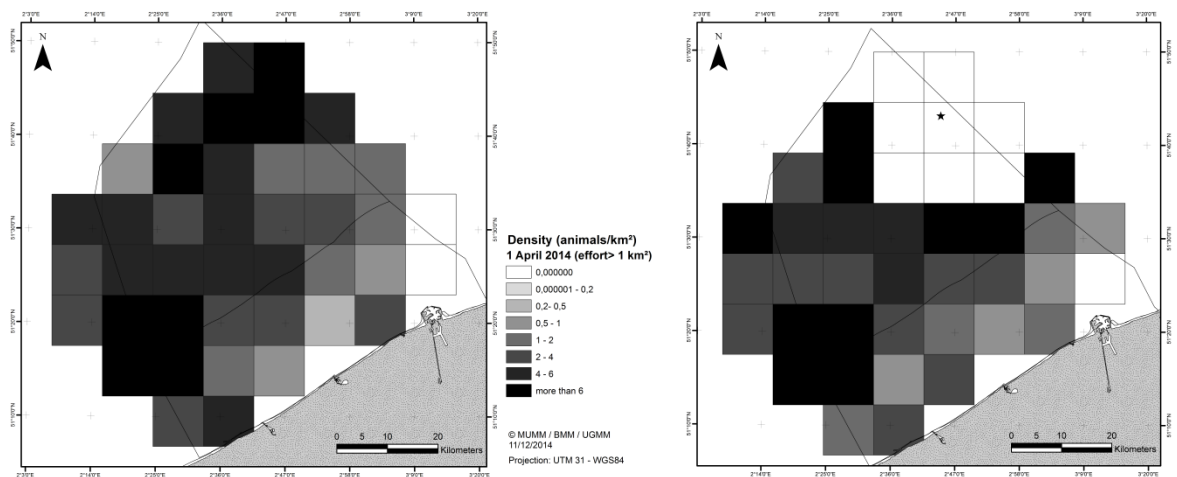
De belangrijkste variabelen die het geluidsniveau tijdens het heien, en dus ook de mogelijke effecten op zeezoogdieren zullen bepalen, zijn:

- Aantal en type (monopile of jacket funderingen);
- Diameter van de palen (met gevolgen voor het onderwater geluidsniveau);
- Vermogen van de heihamer;
- Aard van de ondergrond.

Afhankelijk van het funderingstype zal 1 tot 5 uur effectief geheid worden per fundering (aangepast uit Rumes *et al.*, 2013a). Terwijl bij de monopiles een grotere ruimtelijke impact kan verwacht worden (geluidsniveau), betekent het gebruik van jacket funderingen een langere periode van verstoring: respectievelijk 3 tot 8 maanden voor jacket funderingen en 2 tot 4 maanden voor monopiles afhankelijk van de configuratie (IMDC, 2014a). In ieder geval zal, zonder gebruik van

geluidsmitigerende maatregelen of andere technieken, een gebied met een diameter van enkele tientallen km rond de constructiesite tijdelijk ongeschikt worden voor bruinvissen en mogelijk ook voor andere zeezoogdieren. Indien weerverlet betekent dat de werken frequent onderbroken worden voor enkele dagen, zullen zeezoogdieren die het oorspronkelijk verstoord gebied herbevolkt hebben, opnieuw verstoord worden.

Toepassing van een verstoringsmodel (Haelters *et al.*, 2014, in press) op de situatie m.b.t. bruinvissen in Belgische wateren dd. 1 april 2014 (data KBIN, niet gepubliceerd), toont aan dat, bij gebrek aan mitigerende maatregelen, potentieel duizenden bruinvissen verstoord worden tijdens heien (Figuur 11.2).

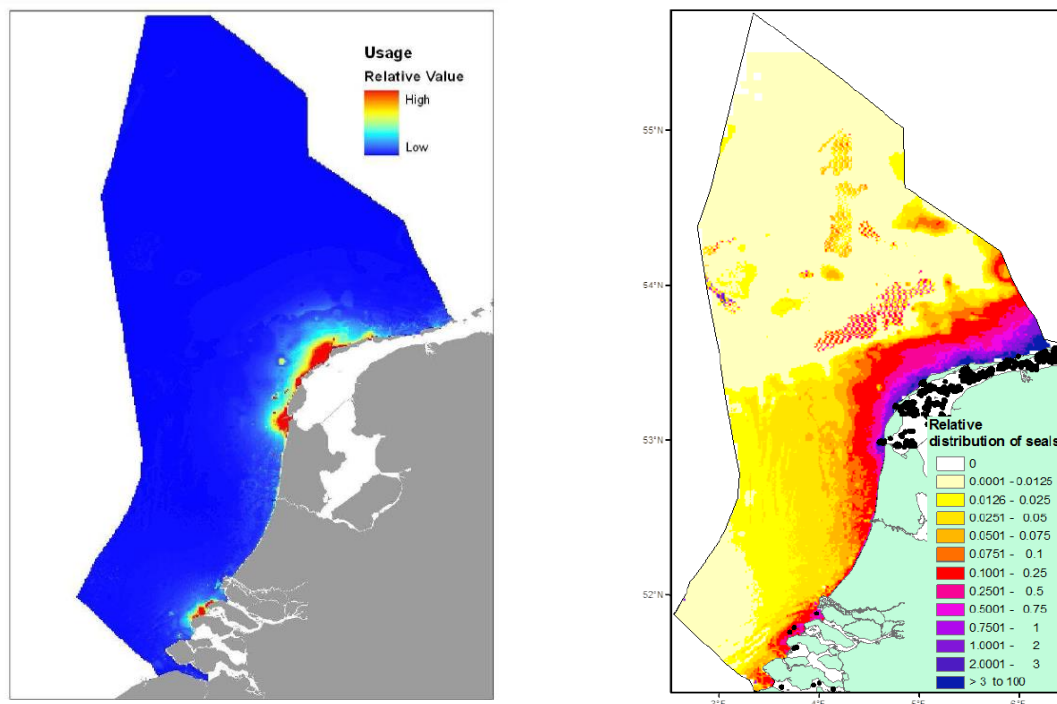


Figuur 11.2. Modellerende van de verstoring van bruinvissen in Belgische wateren: als referentiesituatie wordt de dichtheid aan bruinvissen op 1 april 2014 gekozen in een grid van 10 km x 10 km (links; voorlopige data KBIN, niet gepubliceerd); de gesimuleerde situatie 2 uren na een heiperiode van 2 uren (heien van een paal voor een jacket fundering in het Mermaid gebied (rechts). KBIN, niet gepubliceerd.

In een recente publicatie argumenteren Tougaard *et al.* (2014) dat het geluidsniveau waarbij tijdelijke gehoorschade optreedt bij bruinvissen mogelijk reeds het niveau is met belangrijke, maar zeer moeilijk vast te stellen neurologische gevolgen voor bruinvissen, en dat een drempel voor fysiologische effecten mogelijk een stuk lager ligt. Daarbij wordt een vergelijking gemaakt met duikers die aan relatief hoge geluidsniveaus blootgesteld werden – met sublethale effecten van psychische aard die maanden tot jaren bleven duren tot gevolg. Bovendien stellen deze auteurs dat het gevaarlijk is om geluidsniveaus waarbij verstoring optreedt zomaar te extrapoleren naar actuele situaties. Een weging van het geluid tegenover het audiogram van bruinvissen, waarbij de verdeling van de energie over frequenties gebeurt, is noodzakelijk. Het valt aan te raden dat een limiet aan blootstelling vastgelegd wordt op basis van onderzoek waarbij gelijkaardig geluid als het geluid waar dieren effectief aan blootgesteld worden, gebruikt wordt. Als ‘verwonding’ van dieren definiëren Tougaard *et al.* (2014) tijdelijke of permanente onbruikbaarheid van een deel van het lichaam – dus zowel permanente gehoorschade (PTS) als tijdelijke (TTS). TTS zou immers complexe neurologische degradatieverschijnselen teweeg brengen, zelfs na een klaarblijkelijk herstel van de gehoorfunctie (Tougaard *et al.*, 2014 en referenties hierin). Deze informatie was niet beschikbaar bij het opstellen van criteria voor blootstelling aan geluid (Southall *et al.*, 2007), en illustreert dat over effecten van geluid nog weinig bekend is. Volgens Tougaard *et al.* (2014) lijkt verstoring enkel een indicatie van momentane ervaring van ongemak door het dier, en is het niet noodzakelijk een indicatie van een

effect op de fitheid van het dier of gevolgen voor de populatie. Bovendien is het vaststellen van de afwezigheid van een reactie niet noodzakelijk een indicatie voor ‘geen effect’ – het kan zijn dat het effect te subtiel is om vast te stellen, of dat het gelijkaardig is aan een natuurlijk optredende activiteit, zoals het ophouden met foerageren. Het vaststellen van reacties biedt ons echter wel de mogelijkheid om effecten te beschrijven en te schalen op het niveau van het dier (aard van de individuele reactie) en te kwantificeren op groter niveau (aantal dieren betrokken). Tougaard *et al.* (2014) stellen voor om de blootstelling aan geluid te standaardiseren naar een duur van blootstelling aan geluid van 125 ms (SEL, met een eenheid van energie:  $L_{eq-fast}$ ), in plaats van het gebruik van geluidsniveaus zelf (SPL, uitgedrukt in dB of druk).

Gelijkaardige gevolgen als voor bruinvissen kunnen voorkomen bij andere zeezoogdieren, maar mogelijk zijn deze minder gevoelig voor hoge onderwatergeluidsniveaus dan bruinvissen. De dichtheden aan andere zeezoogdieren zullen meestal veel lager zijn dan van bruinvissen. Voor het bepalen van effecten van de constructie van offshore windparken op zeehonden dient men informatie te verzamelen van op zee foeragerende zeehonden, een onderzoek dat meestal uitgevoerd wordt door middel van gezenderde zeehonden. De dichtheid aan gewone zeehonden in het projectgebied is waarschijnlijk laag, gezien ze meestal binnen een korte afstand van de ligplaats foerageren. Grijze zeehonden ondernemen veel langere foerageertochten dan gewone zeehonden, en ze leggen veel grotere afstanden af (zie referenties in Rumes *et al.*, 2013a). De oppervlakte en de ligging van het potentieel verstoorde gebied tegenover het aantal zeehonden en het foerageergebied van zeehonden, laat toe aan te nemen dat de dichtheid van zeehonden in het gebied tijdens heien relatief laag zal zijn. Zeehonden (tenzij pups en kleine onvolwassen dieren) zijn bovendien minder gevoelig aan tijdelijke voedseltekorten. Een lage dichtheid aan zeehonden, zowel van grijze als gewone, in het (ruime) offshore gebied waarvan het projectgebied deel uitmaakt, wordt ook voorspeld en gemodelleerd door Brasseur *et al.* (2010; 2012) (Figuur 11.3). Volgens Boon *en* Heinis (2009) zal heien in Nederlandse wateren verwaarloosbare effecten hebben op zeehonden.

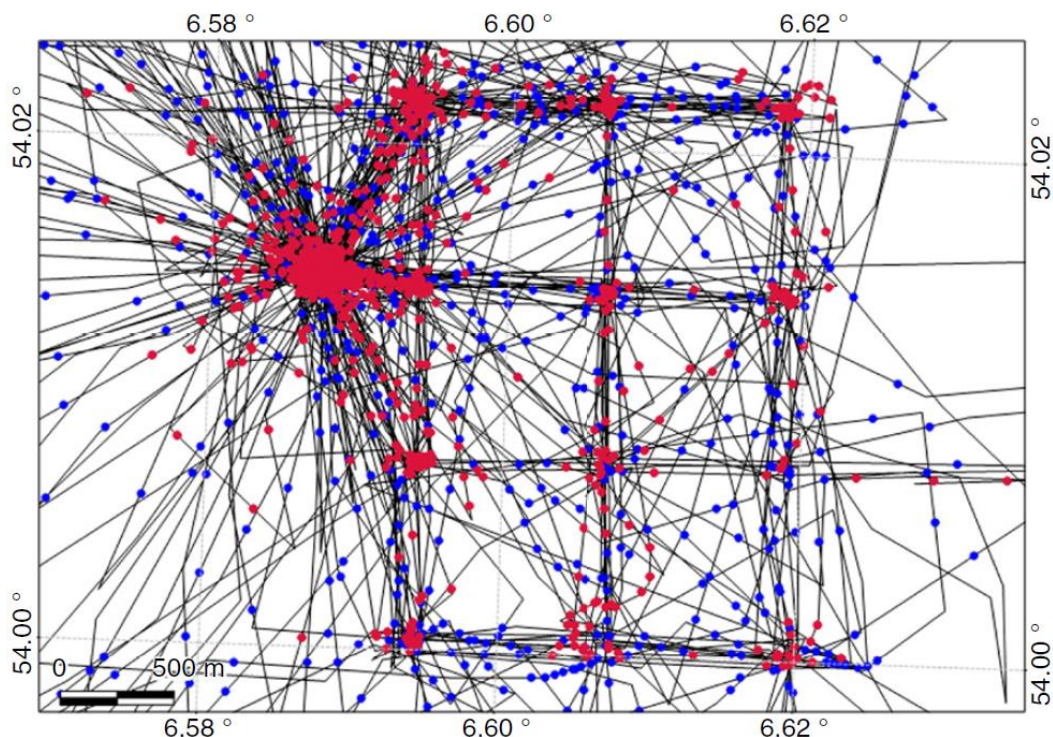


Figuur 11.3. Gemodelleerd relatief gebruik van Nederlandse wateren door grijze zeehonden, inclusief het effect van afstand tot de uithaalplaats (uit Brasseur *et al.*, 2010; links), en gemodelleerde (voorspelde) dichtheid aan gewone zeehonden (uit Brasseur *et al.*, 2012; rechts).

Het valt te verwachten dat de configuraties met het minste aantal funderingen en het gebruik van gravitaire funderingen of de suction bucket techniek de minste verstoring van zeezoogdieren zullen veroorzaken.

#### 11.2.4. Operationele fase

Gezien het verwachte geluidsniveau onder water zullen de effecten op zeezoogdieren tijdens de exploitatiefase waarschijnlijk beperkt blijven. Mogelijk zal er aantrekking zijn door minder verstoring en een verhoogd voedselaanbod door het rif-effect, of zal gewinning optreden. Voor bruinvissen gaf het onderzoek in het buitenland van de effecten van operationele parken uiteenlopende conclusies, van lichte negatieve effecten (bv. zeer traag herstel), tot geen effect, tot positieve effecten (zie ook Rumes *et al.*, 2013a). Voor grijze en gewone zeehonden werd recent via onderzoek van gezenderde dieren vastgesteld dat ze de turbines gericht opzoeken om er te foerageren (Figuur 11.4, uit Russell *et al.*, 2014), wat kan beschouwd worden als een licht positief effect.



Figuur 11.4. Tracks (zwarte lijnen) van een gewone zeehond rond het windpark Alpha Ventus; de punten tonen de locatie in 30' intervallen, waarbij de rode een hoge kans aanduiden dat het dier aan het foerageren was, terwijl de blauwe een grote kans aanduiden op gewoon zwemmen; de positie van de windturbines en de windmeetmast worden duidelijk geprefereerd (overgenomen uit Russell *et al.*, 2014).

#### 11.2.5. Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen, wat betreft verstoring van zeezoogdieren, vermoedelijk gelijkaardig of beperkter zijn aan deze tijdens de constructiefase. Het is momenteel niet duidelijk welke technieken gebruikt zullen worden bij een eventuele verwijdering van de funderingen en kabels en bijgevolg kan er nog geen inschatting gemaakt worden van de aard en omvang van deze effecten. Echter, net als voor de constructiefase, valt te verwachten dat de configuraties met het minste aantal funderingen en het gebruik van gravitaire funderingen of de suction bucket techniek de minste verstoring van zeezoogdieren zullen veroorzaken, mede gezien de eenvoudige wijze waarop deze funderingen verwijderd kunnen worden.



### 11.3 Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject

Er zijn zeer weinig gegevens over de effecten van operationele WEC's op zeezoogdieren. De meeste bestaande projecten waarbij golfenergie in elektrische energie omgezet wordt, bevinden zich in een testfase. Een aantal mogelijk effecten op cetacea van 'marine renewable energy devices' (inclusief offshore windturbines en systemen voor opwekken van energie uit getijstroomingen en verschillen in waterstanden) worden weergegeven in James (2013). Het onderwerp werd behandeld in een workshop van de wetenschappelijke commissie van de Internationale Walvisvaartcommissie in 2012 (IWC, 2012). Daarin werd de nood aan onderzoek naar de potentiële effecten benadrukt, samen met het testen van mogelijke milderende maatregelen.

#### 11.3.1. Constructiefase

Indien geheid moet worden voor het verankeren van de WEC's (type Wavestar) zullen de effecten van het heien van palen gelijkaardig zijn aan deze bij het heien van palen voor windturbines. Voor de andere types zullen de effecten van de installatie op zeezoogdieren vermoedelijk beperkt zijn tot de effecten van een verhoogde scheepvaartdruk. Dit dient te worden nagegaan aan de hand van de technische beschrijving van het uiteindelijke pilootproject.

#### 11.3.2. Operationele fase

Tijdens de operationele fase kan verwacht worden dat WEC's onderwatergeluid produceren, vermoedelijk met een hoger niveau dan windturbines. Volgens gegevens verzameld in IWC (2012) zou het brongeluid veroorzaakt door WEC's ongeveer 140 dB re 1  $\mu$ Pa bedragen bij 350 Hz (IWC, 2012), maar de diverse types WEC zullen uiteraard eigen geluidskarakteristieken vertonen. Afhankelijk van deze karakteristieken kunnen meer of minder belangrijke effecten op zeezoogdieren voorkomen. Volgens Robinson *en* Lepper (2013) zullen de effecten door een verhoogd geluidsniveau onder water beperkt zijn. Daarnaast bestaan onzekerheden over de mogelijke effecten van elektromagnetische velden gegenereerd door de talrijke kabels (DoE, 2009). Andere effecten die voorgesteld worden in literatuur zijn aanvaring (vooral bij toestellen die energie opwekken uit getijdenstromen; Thompson (2012)), verwondingen door contact met bewegende delen van de toestellen, verstrikking in kabels en verlies aan habitat (Carter *et al.*, 2008; Dolman *en* Simmonds, 2010; Simmonds *en* Brown, 2010; Inger *et al.*, 2009; IWC, 2012; Sparling *et al.*, 2013; Thompson *et al.*, 2013).

Het is mogelijk dat WEC's door zeehonden als rustplaats zullen gebruikt worden, of dat ze potentieel zeehonden kunnen verwonden of doden. Deze leemte in de kennis moet onderzocht worden in het pilootproject.

### 11.4 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten

Het MER beschrijft de scenario's van cumulatieve effecten tijdens de constructie- en exploitatiefase. Tijdens de constructiefase dienen twee mogelijkheden voor het optreden van cumulatieve effecten bij het heien van palen in twee parken binnen een straal van enkele tientallen km afstand te worden overwogen:

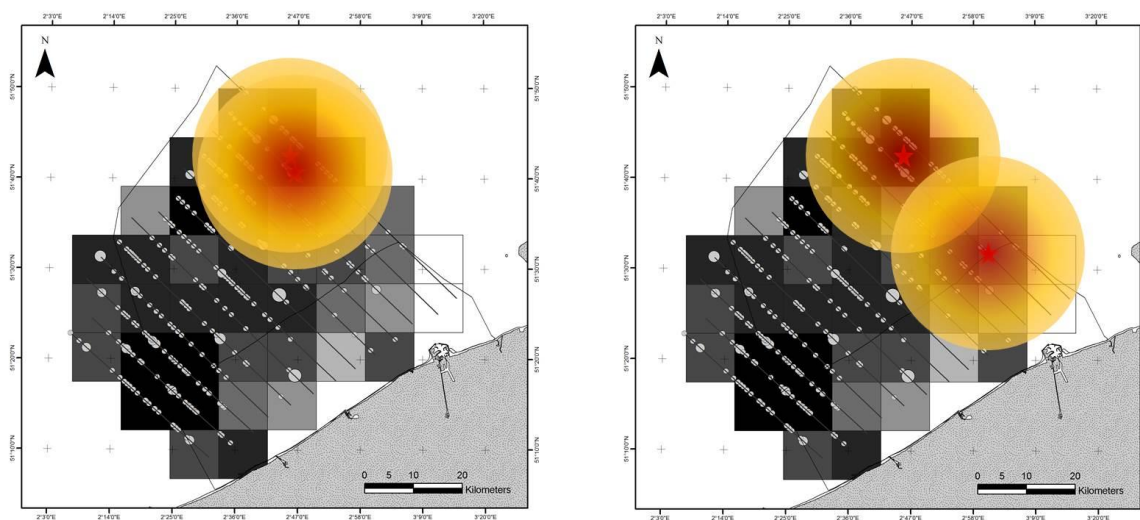
- Zeezoogdieren die het ene park ontvluchten omwille van excessieve geluidsniveaus onder water, komen later mogelijk binnen het geluidsveld van een volgende park onder constructie terecht. Dit zou betekenen dat de cumulatieve effecten belangrijker zijn dan de som van de

effecten van de constructie van elk park afzonderlijk (Murphy *et al.*, 2012).

- Het totale gebied waarover verstoring optreedt bij gelijktijdige constructie zal gedeeltelijk overlappen, waardoor het totaal verstoord gebied x de tijdsduur van verstoring kleiner zal zijn dan bij een afzonderlijke constructie.

Het valt niet te verwachten dat heien in twee parken dicht bij elkaar synchroon zal gebeuren: daardoor zal het totale acute geluidsniveau niet stijgen. Het lijkt daardoor aannemelijk dat de gelijktijdige constructie van twee parken dicht bij elkaar (binnen de 15 km), zoals Mermaid en het toekomstige Northwestern 2 of het geplande park Borssele, veel minder lang verstoring zou veroorzaken, weliswaar over een groter gebied, dan de sequentiële constructie van de diverse parken, en dit lijkt dus het scenario met het minst negatieve gevolg voor zeezoogdieren (Figuur 11.5). Gelijktijdige constructie van Mermaid en Northwester 2 zal 38-80 (monopiles) of 72-240 (jackets) dagen in beslag nemen (zonder weerverlet), terwijl dat voor sequentiële constructie 73-150 (monopiles) of 138-450 (jackets) dagen in beslag zal nemen (zonder weerverlet). Indien de parken verder van elkaar af liggen (enkele tientallen km, zoals Mermaid - Norther), zal verstoring optreden over een veel groter gebied. Gezien bruinvissen elke dag moeten eten om fit te blijven, lijkt een gelijktijdige constructie in dit geval het scenario met het meest negatieve effect voor zeezoogdieren (Figuur 11.5). In Nederland, waar totnogtoe geen mitigerende maatregelen met betrekking tot het geluidsniveau geproduceerd tijdens het heien werden opgelegd, is de gelijktijdige constructie van meerdere parken omwille van mogelijke cumulatieve effecten niet toegelaten.

Zonder mitigerende maatregelen zullen de effecten van het heien op zeezoogdieren grensoverschrijdend zijn (Figuur 11.5). De mitigerende maatregelen zullen gelijkaardige effecten hebben in Nederlandse wateren.



Figuur 11.5. Simulatie van het gebied waar potentieel bruinvissen verstoord worden, met een veronderstelde verstoring tot een afstand van 20 km: er zijn duidelijke grensoverschrijdende effecten. Links verstoring bij gelijktijdige constructie (incl. heien) van Mermaid en Northwester 2, en rechts gelijktijdige constructie (incl. heien) van Mermaid en Norther. Deze figuur houdt geen rekening met de verplichte mitigerende maatregelen.

Het effect op individuele zeezoogdieren zal tijdens de constructiefase hoogstwaarschijnlijk beperkt blijven tot verstoring en stress. Het bepalen van chronische effecten, zoals tijdelijke voedseltekorten, stress en een verminderde voortplanting, is zeer moeilijk te bepalen. Bruinvissen, als kleine endotherme dieren in een koude omgeving, moeten elke dag eten om fit te blijven, en verstoring kan

het foerageergedrag sterk beïnvloeden. Verstoring van duizenden dieren tijdens de constructie van dit windpark, mogelijk gecombineerd met de verstoring door de constructie van andere windparken in de zuidelijke Noordzee, kan gevolgen hebben voor de populatie. Net zoals de effecten op individuele bruinvissen, betreft het effect op populatieniveau van verstoring, en van het tijdelijk ongeschikt zijn van een groot gebied voor deze dieren, een leemte in de kennis. De potentiële grote (en grensoverschrijdende) ruimtelijke en temporele verstoring maakt het noodzakelijk om maatregelen te nemen die blootstelling aan zeer hoge acute geluidsniveaus voorkomen.

Tijdens de operationele fase kunnen cumulatieve effecten optreden bij parken die zich dicht bij elkaar bevinden (bijvoorbeeld de parken in Belgische wateren), hoewel onzekerheid bestaat over mogelijke effecten in elk park afzonderlijk (geen, beperkt positief of beperkt negatief).

## 11.5 Besluit

- 1) Voor de aanvang van de werken zal geofysisch onderzoek uitgevoerd worden. Bij dergelijk onderzoek dienen een aantal maatregelen te worden genomen om negatieve effecten op zeezoogdieren te voorkomen.
- 2) De belangrijkste effecten zullen voorkomen bij de bruinvis, gezien dit het meest algemene zeezoogdier is in Belgische en aanpalende Nederlandse wateren. Bovendien betreft het de soort die het meest gevoelig is voor verstoring, en het meest gevoelig is aan tijdelijke voedseltekorten. Voor zeehonden zullen de effecten beperkter zijn, gezien een verwachte lage densiteit in en om het projectgebied, en de vermoedelijk lagere gevoeligheid aan excessief onderwatergeluid.
- 3) Bruinvissen kwamen de laatste jaren het meest algemeen voor in Belgische wateren tijdens maart en april, maar dit seizoenaal patroon lijkt niet zeer stabiel, en dient te worden gemonitord; de laatste jaren werden, vooral tijdens de late zomer en herfst, een aantal andere beschermde en mogelijk kwetsbare soorten opgemerkt in Belgische wateren.
- 4) De belangrijkste negatieve effecten op zeezoogdieren tijdens de constructiefase worden verwacht tijdens heioperaties voor het plaatsen van monopiles en jacketfunderingen. Dicht bij de heilocatie kan mogelijk tijdelijke gehoorschade en zelfs permanente gehoorschade optreden bij een aantal dieren. Een gedragsverandering kan als indicator voor effect aangenomen worden, maar neurologische, chronische effecten op zeezoogdieren, zeer moeilijk vast te stellen, te kwalificeren of te kwantificeren, kunnen niet uitgesloten worden. Mitigerende maatregelen worden verplicht om te vermijden dat zeezoogdieren tijdens deze werkzaamheden, incl. korte tussenperiodes, verdreven zullen worden tot relatief grote afstanden (20<sup>+</sup> km).
- 5) In het MER wordt een overzicht gegeven van milderende maatregelen, zoals geluidsmitigerende maatregelen tijdens het heien, of het gebruik van alternatieve technieken.
- 6) Het zeer moeilijk om te kwantificeren wat de invloed zal zijn, is van het gebruik van het type fundering tijdens de heiwerkzaamheden: monopile: hoge geluidsniveaus en een vermoedelijk korte heiperiode of jacket fundering: iets lagere geluidsniveaus maar langere heiperiode.
- 7) Effecten van verstoring zullen niet, of over een veel kleiner gebied voorkomen bij het gebruik van gravitaire funderingen of suction bucket funderingen.
- 8) De verhoging van de intensiteit van de scheepvaart, het baggeren, het plaatsen van de kabel, etc., zullen een effect hebben op een veel kleinere schaal (beperkt tot de aanvoerroutes, kabeltracé en het park en directe omgeving).
- 9) Dezelfde effecten zullen optreden in de aanpalende Nederlandse wateren.



- 10) Het optreden van mogelijke cumulatieve effecten tijdens constructie en exploitatie betreft grotendeels een leemte in de kennis; de gelijktijdige constructie van meerdere windparken op relatief kleine afstand wordt aanbevolen tegenover sequentiële constructie.
- 11) Tijdens de exploitatiefase van het windpark zullen mogelijk positieve effecten optreden, met aantrekking van zeezoogdieren door minder verstoring en een verbeterde voedselsituatie, of beperkte verstoring door de continue aanwezigheid van bijkomend onderwatergeluid - dit betreft een leemte in de kennis.
- 12) Tijdens de constructiefase van WEC's zullen, indien palen geheid worden, gelijkaardige effecten voorkomen. Andere effecten betreffen een leemte in de kennis.
- 13) De effecten tijdens de exploitatiefase van WEC's zijn grotendeels onbekend. Mogelijk zullen effecten optreden door een verhoging van het onderwatergeluid, door het ontstaan van elektromagnetische velden, of door de aanwezigheid van de toestellen (incl. de aanwezigheid van vrij in de waterkolom hangende kabels) en het eventuele gebruik als rustplaats door zeehonden.

### 11.5.1 Aanvaardbaarheid

#### *Windpark*

Het Mermaid project is voor wat betreft de risico's op negatieve effecten op zeezoogdieren aanvaardbaar, mits het strikt naleven van een aantal voorwaarden (zie 11.5.2). Gezien in Belgische wateren windparken voorzien worden op relatief korte afstand van elkaar en gezien de verplichte milderende maatregelen en gebruiksvoorwaarden, worden cumulatieve effecten door de gelijktijdige constructie verwacht klein te zijn, en aanvaardbaar. Voor wat betreft de mogelijke effecten op zeezoogdieren valt een gelijktijdige constructie van meerdere nabijgelegen parken te verkiezen, gezien de totale duur van verstoring zo korter zal zijn. De mogelijke effecten op zeezoogdieren zijn tijdens de constructiefase gelijkaardig in Nederlandse wateren. Tijdens de operationele fase wordt verwacht dat de effecten in Belgische en Nederlandse wateren zeer beperkt zullen zijn, maar dit betreft een leemte in de kennis. Gezien de leemtes in de kennis over de mogelijke effecten van de bouw en exploitatie van het windpark, aangehaald in deze beoordeling en in het MER, dienen de mogelijke effecten op zeezoogdieren te worden nagegaan in een monitoringprogramma.

#### *WEC pilootproject*

De te verwachten effecten van het plaatsen en exploiteren van WEC's zijn grotendeel onbekend. Echter, gezien het een beperkt pilootproject betreft, zijn de risico's op negatieve effecten op zeezoogdieren aanvaardbaar. Tijdens de constructiefase zijn te verwachten effecten bij heioperaties gelijkaardig aan deze bij het heien van palen voor windturbinefunderingen. Tijdens de operationele fase van het pilootproject dienen de mogelijke negatieve effecten te worden onderzocht, waaronder deze veroorzaakt door onderwatergeluid, elektromagnetische velden, aanwezigheid van de structuren en de kabels, en het gebruik als rustplaats door zeehonden.

### 11.5.2 Voorwaarden en aanbevelingen

#### 11.5.2.1 Voorwaarden windpark

De voorwaarden hieronder geformuleerd vinden hun oorsprong in het MER, deze MEB, internationale verplichtingen en aanbevelingen geformuleerd in internationale fora zoals de Europese Unie, ASCOBANS, OSPAR en IWC, en in de resultaten van het onderzoek m.b.t. zeezoogdieren en onderwatergeluid dat tot nu toe uitgevoerd werd in België (Degraer *et al.*, 2013) en in het buitenland.

*Seismische surveys*

Bij het uitvoeren van geotechnische surveys dienen de richtlijnen *JNCC guidelines for minimising the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys* (versie augustus 2010, of een meer recente versie indien beschikbaar) toegepast te worden (zie <http://jncc.defra.gov.uk>; JNCC, 2010). Het is echter geen vereiste dat de personen die uitkijk houden voor de aanwezigheid van zeezoogdieren getraind zouden zijn, en er wordt geen ad hoc passieve akoestische monitoring gevraagd (zie Rumes *et al.*, 2012a, b; 2013a, b; JNCC, 2010).

- 1) Voor de aanvang van de survey dient een half uur uitgekeken te worden in het gebied naar de aanwezigheid van zeezoogdieren.
- 2) Het onderzoek mag niet aangevat worden, of moet gestaakt worden, bij waarneming van zeezoogdieren in de buurt van het survey vaartuig; het mag niet opnieuw aanvangen voor de dieren zich op voldoende afstand van het vaartuig verwijderd hebben.
- 3) Het onderzoek moet – indien technisch mogelijk - uitgevoerd worden met een ‘ramp-up’ procedure, waarbij de survey aanvangt met een energie-output die geleidelijk aan opgebouwd wordt, en waarbij de maximale energie-output pas na minstens 20’ bereikt wordt.
- 4) Het onderzoek moet uitgevoerd worden met de laagst mogelijke energie-output (en het laagst mogelijke brongeluidsniveau) dat het doel van de survey bereikt.

*Constructiefase*

- 1) Het heien van palen voor windturbines, meetmasten, WEC’s en transformator platformen (zowel voor jacket- als voor monopile funderingen) mag niet plaatsvinden tussen 1 januari en 30 april (‘sperperiode’).
- 2) Voor het zoveel mogelijk vermijden van verstoring en fysiologische schade bij zeezoogdieren in Belgische en aanpalende wateren, dienen bij heioperaties de volgende preventieve maatregelen te worden genomen:
  - 2.1.) Er moeten akoestische toestellen voor het afschrikken/alarmeren van zeezoogdieren ingezet worden vanaf een half uur voor de aanvang van het heien tot de start van het heien, en tijdens korte periodes (< 2 uren) tussen opeenvolgende hei-operaties. Indien gekozen wordt voor een akoestisch afschrikmiddel (AHD) met een brongeluidsniveau van 170 tot 195 dBp-p re 1µPa, dient één dergelijk toestel te worden ingezet op of in de onmiddellijke omgeving van de heilocatatie (op ten hoogste 200 m afstand). Indien gekozen wordt voor akoestische alarmeringstoestellen (ADD) met een brongeluidsniveau van 130 tot 150 dB(p-p) re 1µPa dienen minstens vier dergelijke toestellen ingezet te worden, op regelmatige afstanden in een cirkel met straal van 200 - 300 m rond de heilocatatie. De keuze van de akoestische toestellen wordt ter goedkeuring aan de BMM voorgelegd.
  - 2.2.) De heioperaties dienen aan te vangen met een ‘ramp-up’ (of ‘soft-start’) procedure, waarbij de energie gebruikt om de paal in de bodem te heien langzaam toeneemt, en het maximale vermogen van het heitoestel slechts bereikt wordt ten vroegste 10 minuten na de eerste heislage. De periode van 10 minuten moet potentieel toelaten dat zeezoogdieren de zone kunnen verlaten waarbinnen acute fysieke schade kan optreden door het heien (indien ze niet voldoende ver verdreven werden door de akoestische afschrikmiddelen), en vormt een compromis tussen een te korte ramp-up procedure (met nog zeezoogdieren in de buurt) en een langere (waarbij onnodig veel onderwatergeluid in het milieu gebracht wordt). Deze periode, en de maximale energie gebruikt bij de aanvang van het heien, kan aangepast worden aan de hand van nieuwe bevindingen. Een beschrijving van de soft-start procedure, met gebruikte energie en periodes, dient aan de BMM te worden voorgelegd voor goedkeuring.

2.3.) Er dient speciaal uitkijk te worden gehouden voor de aanwezigheid van zeezoogdieren vanaf een half uur voor de aanvang van heien.

2.4.) Tijdens de heiwerkzaamheden wordt een ruime omgeving rondom de heillocatie gecontroleerd op de aanwezigheid van zeezoogdieren. Aangezien de afstand tot waarop zeezoogdieren kunnen worden waargenomen sterk weersafhankelijk is zal de gecontroleerde afstand variëren tussen de 200 en 500 m vanaf het werkplatform. Indien tijdens de heiwerkzaamheden zeezoogdieren worden waargenomen, dienen de heiwerkzaamheden te worden gestaakt.

2.5.) Waargenomen sterfte van organismen (vogels, zeezoogdieren, vissen, koppotigen (Cephalopoda)) tijdens het heien dient te worden gemeld aan de BMM.

- 4) Indien aangetoond wordt dat bij het heien van palen met een beperkte diameter, slechts een beperkte verhoging van het onderwatergeluid ontstaat, kan na beoordeling en goedkeuring door de BMM, afgeweken worden van voorwaarde 1 en 2.1-2.4.
- 5) Tijdens het project worden alle waarnemingen van zeezoogdieren in het projectgebied door de vergunninghouder en diens contractanten ad hoc aan de BMM gemeld.

#### 11.5.2.2 Voorwaarden WEC pilootproject

De voorwaarden gesteld voor de heioperaties voor het plaatsen van windturbines, zijn geldig voor heioperaties voor het plaatsen van WEC's, voor zover relevant. Gezien de leemtes in de kennis over de mogelijke effecten van de exploitatie van WEC's op zeezoogdieren, dient tijdens het WEC pilootproject een gericht onderzoeksprogramma te worden uitgevoerd dat de geïdentificeerde leemtes in de kennis behandelt alvorens overgegaan kan worden tot een grootschalig project.

#### 11.5.2.3 Aanbevelingen windpark

De volgende aanbevelingen worden gemaakt:

- 1) Met betrekking tot het geofysisch onderzoek wordt aanbevolen dit enkel uit te voeren bij dag en bij goede zichtomstandigheden.
- 2) Met betrekking tot het geofysisch onderzoek en het leggen van de kabels wordt aanbevolen maart en april te mijden, gezien de tamelijk voorspelbare hogere dichtheden aan bruinvissen in Belgische wateren tijdens deze periode.
- 3) Er wordt aanbevolen om maatregelen toe te passen die geluidsemissie beperken aan de bron door de keuze van fundering en dus, indien dit geen andere negatieve milieu-effecten heeft, om gravitaire of suction bucket funderingen te gebruiken, en om palen in te trillen of te boren.
- 4) Er wordt aanbevolen om, indien monopiles of jacketfunderingen gebruikt worden, en indien het interim-criterium m.b.t. impulsief onderwatergeluid cfr. de MSFD (Belgische Staat, 2012) bereikt kan worden, toch de technieken toe te passen die geluidsemissie zoveel mogelijk beperken aan de bron.
- 5) Indien men funderingen gebruikt die geheid moeten worden, wordt aanbevolen om tijdens de planningsfase van het project methodes te onderzoeken en te testen die de geluidsproductie reduceren, en indien opportuun deze technieken toe te passen.
- 6) Er wordt aanbevolen om de periode waarin de palen geheid worden zo kort mogelijk te houden.
- 7) Er wordt aanbevolen om gelijktijdig te heien, indien heien toegepast wordt, bij aanpalende parken (bv. Mermaid – Northwester2), en sequentieel te heien bij parken die ver uit elkaar liggen (bv. Mermaid – Norther).

#### 11.5.2.4 Aanbevelingen WEC pilootproject

Dezelfde aanbevelingen voor wat betreft het heien zijn van toepassing op het WEC pilootproject, voor zover relevant.

### 11.6 Monitoring windpark

#### 11.6.1 Inleiding

Gezien de hoge mobiliteit van zeezoogdieren, dient de monitoring een groter gebied te dekken dan het park zelf. Afstemming dient te gebeuren met de monitoring uitgevoerd voor andere parken. Bepaalde effecten zullen ‘grensoverschrijdend’ zijn: zo kan de constructie van een park een invloed hebben op de densiteit aan zeezoogdieren in een nabijgelegen operationeel park, en er kunnen cumulatieve effecten optreden bij gelijktijdige constructie of bij het operationeel worden van naburige parken.

Hieronder wordt enkel de monitoring van zeezoogdieren behandeld. De resultaten van het onderzoek van onder meer fysische aspecten van geluid en habitatveranderingen, behandeld in een apart monitoringprogramma, zijn van belang voor het eventueel bieden van een verklaring voor resultaten van het onderzoek van zeezoogdieren.

De doelstellingen van de monitoring zijn:

- Het bepalen van de aanwezigheid, verspreiding en densiteit van zeezoogdieren in Belgische wateren, en het vaststellen van trends, voor het bevestigen of aanpassen van de voorwaarden voor bijvoorbeeld bepaalde constructie-activiteiten (11.6.2).
- Het bepalen van effecten van de constructie van het offshore windpark op zeezoogdieren (11.6.3).
- Het bepalen van effecten van het offshore windpark op zeezoogdieren tijdens de operationele fase (11.6.4).

Bij monitoring van zeezoogdieren worden de volgende gestandaardiseerde technieken toegepast:

- Surveys vanuit de lucht voor het bepalen van de dichtheid en ruimtelijke verspreiding van zeezoogdieren (distance sampling; Buckland *et al.*, 2001; zie Haelters, 2009 voor een samenvatting), eventueel uitgebreid met simultaan onderzoek door middel van geautomatiseerde digitale fotografie.
- Statische passieve akoestische monitoring (PAM): statische PAM toestellen detecteren de aan- en afwezigheid van kleine walvisachtigen in een gebied rond het verankerde toestel, en bieden zo een relatieve maat voor de lokale densiteit (het vaststellen van een absolute densiteit op basis van detecties is zeer moeilijk; zie Haelters *et al.*, 2013). De gebruikte toestellen zijn momenteel van het C-PoD type (zie Chelonia.co.uk), maar eventueel zal in de toekomst van een meer geavanceerd type gebruikt worden. C-PoDs hebben een autonomie van 3 tot 4 maanden. Het vergelijken van de detecties in of nabij het projectgebied, en in referentiegebieden, of de vergelijking van detecties bij PAM toestellen verankerd in een gradiënt tegenover een impactsite, kan informatie opleveren over het optreden van effecten of het niet optreden ervan, en over de reikwijdte van effecten.
- Het volgen van zeehonden door middel van een GPS/GSM tag die informatie doorgeeft over de positie en de (afgeleide) activiteit van het dier – toegepast tijdens de constructie- en operationele fase van windturbines en WEC's. Deze techniek is de laatste jaren matuur geworden, en wordt daarom pas nu in het monitoringprogramma opgenomen; het is niet

specifiek voor dit project, en in eerste instantie dient het als proef te worden uitgevoerd met een beperkt aantal toestellen.

Er zijn diverse mogelijkheden voor het ontwerp van een monitoringprogramma:

- Een BACI (before–after–control–impact) ontwerp, met onderzoek vóór en na de activiteiten met een te verwachten impact, en binnen het projectgebied en in een referentiegebied;
- Een CI (control-impact) ontwerp, met onderzoek van een te verwachten impact binnen en buiten het impactgebied, voor chronische effecten (vb. effecten tijdens de operationele fase);
- Een gradiënt ontwerp, waarbij effecten nagegaan worden op verschillende afstanden van de impactsite maar in dezelfde tijdsperiode.

Gezien de mobiliteit van zeezoogdieren lijkt een combinatie van de ontwerpen aangewezen, waarbij rekening gehouden wordt met tijdsintervallen in het BACI-ontwerp: deze intervallen moeten in de constructiefase zo kort mogelijk gehouden worden, en zijn aangewezen voor het bepalen van effecten door bijvoorbeeld acute hei-operaties. Gezien de vastgestelde veranderingen in het voorkomen van bruinvissen in Belgische wateren lijkt het niet nuttig om voor de impact van een bepaalde activiteit de situatie van het jaar voordien te kiezen als referentie.

### 11.6.2 Basismonitoring: verspreiding zeezoogdieren

Jaarlijks worden minstens vier volledige luchtsurveys uitgevoerd over de Belgische wateren, inclusief het projectgebied, voor het inschatten van de verspreiding en densiteit van zeezoogdieren, waaronder het projectgebied. Tevens worden gedurende het jaar 3-4 Passive Acoustic Monitoring (PAM) toestellen verankerd in/nabij het projectgebied en daarbuiten, voor het verzamelen van data m.b.t. de aan- en afwezigheid van bruinvissen tussen de luchtsurveys (PAM heeft een veel hogere temporele resolutie dan luchtsurveys). Deze monitoring is niet specifiek voor het project Mermaid – ze kadert in de monitoring van dit en de andere windparkprojecten. De luchtsurveys worden – indien mogelijk – gecoördineerd met surveys uitgevoerd in Nederlandse en/of Franse wateren (die onafhankelijk van dit monitoringplan plaatsvinden). De basismonitoring wordt uitgevoerd voor de aanvang van de werken, elk jaar tijdens de constructiefase en tijdens de eerste vijf jaar van de exploitatiefase.

### 11.6.3 Effect van heigeluid

Voor en tijdens de heioperaties voor de constructie van het park worden 6 PAM toestellen verankerd in een gradiënt vanaf de constructiesite tot op een afstand van 10-20 km (zie Thompson *et al.*, 2010; Dähne *et al.*, 2013). De verankering vangt aan dagen tot weken voor de start van het heien, en wordt beëindigd enkele weken na de aanvang van het heien.

Indien geheid wordt, worden kort (dagen tot een week) voor het heien twee luchtsurveys uitgevoerd die de Belgische mariene wateren dekken. Zo kort mogelijk na de start van de hei-werkzaamheden (indien mogelijk: dagen) worden twee bijkomende surveys uitgevoerd. Doel is overleg te plegen m.b.t. de preventieve maatregelen bij hoge dichtheden aan bruinvissen, en het verfijnen van een verstoringsmodel (Haelters *et al.*, 2014, in druk). Indien echter bij de eerste survey een zeer lage dichtheid aan zeezoogdieren vastgesteld werd (gemiddeld  $<0,25$  dieren/km<sup>2</sup>, met geen bijzonder hoge dichtheden in en om het projectgebied), dan kan een tweede survey uitgesteld worden tot een latere datum tijdens de constructiefase. De eerste survey kan als één van de vier volledige luchtsurveys beschouwd worden cfr. de algemene monitoring.

Indien geheid wordt, worden tijdens de heiooperaties gestrande, of dood op zee aangetroffen, zeer verse zeezoogdieren onderworpen aan een onderzoek voor het bepalen van eventuele gehoorschade (zie Morell *et al.*, 2009).

Ook deze monitoring is niet specifiek voor het project Mermaid – ze kadert in de monitoring van dit en de andere windparkprojecten en zal bijgevolg niet in elk park plaatsvinden.

#### 11.6.4 Gebruik van operationele windparken door zeezoogdieren

Bij het volledig afwerken van de diverse windparken onder constructie, en indien geen nieuwe constructies of andere grote werkzaamheden in het gebied en de ruime omgeving (die zeezoogdieren verstoren) gepland worden, wordt een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar het gebruik van operationele windparken door bruinvissen. Daartoe wordt in minstens één van de operationele windparken (waaronder mogelijk dat van Mermaid), en op referentielocaties gelegen op een korte afstand tot het park, telkens minstens 4 C-PoDs (of alternatief toestel) verankerd, bij voorkeur tijdens de periode met de hoogste dichtheid aan bruinvissen in Belgische wateren, en dit voor minstens enkele maanden. Het onderzoek dient eenmalig na 3 tot 5 jaar te worden herhaald. Daarnaast worden gedurende drie jaar vier zeehonden per jaar van een GPS/GSM zender voorzien. Dergelijk onderzoek heeft tot doel mogelijke aantrekking of verstoring van bruinvissen en zeehonden voor offshore windparken in Belgische wateren tijdens de operationele fase aan te tonen.

De monitoring van het windpark wordt samengevat in Tabel 11.1 tot 11.3.

Tabel 11.1. Samenvatting van de zeezoogdierenmonitoring van het windpark: basismonitoring.

<b>Basismonitoring: verspreiding zeezoogdieren</b>		
Doel: het bepalen van de aanwezigheid, verspreiding en densiteit van zeezoogdieren in Belgische wateren, en het vaststellen van trends		
Methodologie	Line transect surveys	PAM (bruinvissen)
Gebied	Belgische wateren	Belgische concessiezone windenergie
Periode/duur	4/jaar, gedurende het jaar	Continu

Tabel 11.2. Samenvatting van de zeezoogdierenmonitoring van het windpark: effect van heigeluid

<b>Gerichte monitoring: effect van heigeluid</b>		
Doel: het bepalen van de impact van de constructie van het windpark op zeezoogdieren		
Methodologie	Line transect surveys, BACI	PAM, gradient monitoring(bruinvissen)
Gebied	Belgische wateren	6 toestellen, verankerd in een gradiënt vanaf de constructiesite
Periode/duur	2 kort voor de aanvang van heien, 2 tijdens heien, alle binnen een korte periode (hoogstens weken)	Enkele dagen/weken voor de aanvang van heien, tot enkele weken tijdens het heien

Tabel 11.3. Samenvatting van de zeezoogdierenmonitoring van het windpark: gebruik van operationele windparken door zeezoogdieren

<b>Gerichte monitoring: gebruik van operationele windparken door zeezoogdieren</b>		
Doel: het bepalen van de impact van het operationele windpark op zeezoogdieren		
Methodologie	PAM, CI	GPS/GSM zenderen van 4 zeehonden (operationele fase)
Gebied	Eén windpark, en aanpalend gebied, 4+ PoDs in windpark, 4+ PoDs buiten windpark	Onbeperkt
Periode/duur	Eenmalig kort na het einde van de constructie van het laatste windpark, bij voorkeur gedurende de periode met de hoogste densiteit aan bruinvissen, eenmalig herhaald 3-5 jaar later	Gedurende drie jaar jaarlijks zenderen van 4 zeehonden; zender blijft weken tot maanden actief

### 11.7 Evaluatie WEC pilootproject

In het eerste en tweede jaar na de installatie van de WEC's moeten de effecten van de WEC's op zeezoogdieren onderzocht worden. Bij het onderzoek naar de effecten van de WEC's op zeezoogdieren worden dezelfde gestandaardiseerde technieken toegepast als voor de monitoring van windparken. Het onderzoek naar de effecten van de WEC's op zeezoogdieren dient rekening te houden met de hoge mobiliteit van zeezoogdieren. Een afstemming dient te gebeuren met de monitoring uitgevoerd voor de effecten van windparken. De doelstellingen en methodiek van dit onderzoek moeten voorafgaandelijk aan de BMM voorgelegd worden ter goedkeuring.

Van de studie zal een rapport worden opgesteld dat naast de doelstellingen en de methodiek de verwerkte gegevens voorstelt en bespreekt. Dit rapport wordt uiterlijk 2 maanden na het aflopen van het jaar van de survey bij de BMM ingediend en zal door de onderzoekers aan de medewerkers van de BMM op een vergadering voorgesteld worden. Met het rapport worden ook de observaties in elektronische vorm ter beschikking gesteld van de BMM. Van de onderzoekers wordt een actieve deelname verwacht aan eventuele workshops ingericht over de monitoring van de energieparken op het BDNZ, ingericht door de BMM.

Tijdens de monitoring zullen eerste opmerkelijke bevindingen of waarnemingen ad hoc meegedeeld worden aan de BMM





## 12. (Zee)vogels en vleermuizen

- Gezien het internationaal belang van het Belgisch deel van de Noordzee (BDNZ) voor zeevogels moet er een grondige analyse gebeuren van de effecten op de avifauna van de constructie en exploitatie van het Mermaid project.
- Tijdens de constructie zijn de belangrijkste verwachte impacts verstoring door de verhoogde scheepsactiviteit, baggeractiviteiten en mogelijks heien.
- De constructiewerken zullen zorgen voor een tijdelijke turbiditeitsverhoging. Het is duidelijk dat dit effect het grootst zal zijn bij gravitaire funderingen. Indien er sprake zou zijn van een langdurige turbiditeitsverhoging dan vormt dit een verstoring voor op het zicht jagende vogels (bv. zeekoet, alk, Jan van Gent, kleine mantelmeeuw).
- Tijdens de exploitatie zijn er verschillende effecten mogelijk van het windpark op vogels:
  - ze kunnen in aanvaring komen met een turbine of een andere structuur;
  - ze kunnen het windpark als een barrière zien tijdens de migratie;
  - hun habitat wordt gewijzigd wat kan leiden tot vermijdings- of aantrekkingsgedrag.
- De geschatte aantallen aanvaringsslachtoffers bij zeevogels zijn het laagst bij configuratie 3, gevolgd door de basisconfiguratie en configuratie 2. Deze aantallen zijn het hoogst bij configuratie 1.
- De aanwezigheid en verspreiding van vleermuizen boven het Belgisch deel van de Noordzee is voorlopig grotendeels ongekend. De mogelijke effecten van de constructie en exploitatie van het Mermaid project vormt momenteel dan ook een leemte in onze kennis.
- WEC's zullen bepaalde soorten zeevogels aantrekken door de verhoogde rustplaatsen die deze installaties bieden. Verwacht wordt dat dit zeker voor kleine mantelmeeuw het geval zal zijn, een van de soorten met het hoogste aanvaringsrisico met offshore turbines.
- Op basis van de huidige beschikbare kennis worden de effecten van het Mermaid project op de avifauna als aanvaardbaar beschouwd, dit voor alle mogelijke configuraties en technieken besproken in de MER.
- Gezien de onzekerheid van de effecten van de exploitatie van de verschillende windparken op het BDNZ op de avifauna zal een lange-termijn monitoring nodig zijn om de effecten op de avifauna vast te stellen en eventuele mitigerende maatregelen te formuleren.

### 12.1 Inleiding

#### 12.1.1. Avifauna in het BDNZ

Het BDNZ is van internationaal belang voor een groot aantal zeevogels. Het doet dienst als overwinteringsgebied, trekgebied of als foerageergebied tijdens het broedseizoen. Tijdens de wintermaanden komt het grootste aantal zeevogels voor (gemiddeld 42.000). In de zomermaanden is het aantal gemiddeld 17.000 (Vanermen en Stienen, 2009). Het BDNZ maakt deel uit van een migratie flessenhals (i.e. de versmalling van de zuidelijke Noordzee) waardoor (naar schatting) jaarlijks tussen de 1 en de 1,3 miljoen zeevogels migreren (Stienen *et al.*, 2007).

Er is een duidelijk seizoenaal verschil in het voorkomen van soorten. In de winter zijn futen, duikers, zeekoet *Uria aalge* en zwarte zee-eend *Melanitta nigra* typerend. In de zomer is de verspreiding van zeevogels vooral kustgebonden (Vanermen, 2013) en zijn stern, jagers en mantelmeeuwen dominante soorten (Seys *et al.*, 1999; Stienen & Kuijken, 2003). In de haven van Zeebrugge komen internationaal belangrijke aantallen stern en meeuwen tot broeden.

De zandbanken in de Belgische Zeegebieden blijken van groot belang voor rustende zeevogels. Seys *et al.* (1999) stelde vast dat de hoogste densiteiten van zeevogels gevonden worden op de hellingen van deze zandbanken. Tijdens de migratieperiodes in de lente en de herfst wordt de grootste diversiteit waargenomen.

Naast typische zeevogels komen ook niet-zeevogels, zoals zangvogels, voor boven het BDNZ. Tijdens tellingen op zee werd door het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) opmerkelijke trekintensiteit van zangvogels vastgesteld (Vanermen *et al.*, 2006).

Op basis van verschillende wetenschappelijke rapporten en rekening houdend met de Europese Vogelrichtlijn (79/409/EEG), werden in 2005 drie speciale beschermingszones voor vogels (SBZ-V) in het BDNZ ingesteld: SBZ-V1- Nieuwpoort (grote stern *Sterna sandvicensis* en fuut *Podiceps cristatus*), SBZ-V2- Oostende (grote stern, fuut, visdief *Sterna hirundo*, dwergmeeuw *Larus minutus*) en SBZ-V3- Zeebrugge (grote stern, visdief, dwergmeeuw).

De aanwezigheid van vleermuizen boven het Belgisch deel van de Noordzee vormt grotendeels nog een leemte in onze kennis. In augustus 2014 werd een vleermuizendetector geïnstalleerd op het onderzoeksschip Belgica om na te gaan wat de verspreiding is van vleermuizen op het BDNZ en welke soorten er worden aangetroffen. Hoewel op dit moment slechts een deel van de data geanalyseerd is, werden er reeds specimens van ruige dwergvleermuis *Pipistrellus nathusii*, rosse vleermuis *Nyctalus noctula*, watervleermuis *Myotis daubentonii* en tweekleurige vleermuis *Vespertilio murinus* geregistreerd. De meeste waarnemingen gebeurden op een beperkte afstand van de kust, een individu van de tweekleurige vleermuis werd echter op meer dan 20 kilometer van de kust waargenomen. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen wat het belang is van het BDNZ voor vleermuizen.

Ondertussen blijken vleermuizen veel vaker op of over zee te trekken en zelfs te jagen dan vroeger werd vermoed. Ahlén *et al.* (2007 en 2009) toonde aan dat er voor de Zweedse kust vaak migratie is van vleermuizen over zee. Genetisch onderzoek laat een uitwisseling van genen van de ruige dwergvleermuis tussen Groot Brittannië en het vaste land zien (Limpens *et al.*, 2007). Recent werd met behulp van ultrasone recorders aangetoond dat vleermuizen voorkomen in de Nederlandse windparken OWEZ en prinses Amalia, op respectievelijk 15 en 23 km van de kust (Jonge Poerink *et al.*, 2013). In 98 % van de registraties betrof het de ruige dwergvleermuis en in 2% om de rosse vleermuis. Het gaat hier vermoedelijk om migrerende individuen. Al is het niet uitgesloten dat het in sommige gevallen over foeragerende dieren gaat die heen en weer vliegen tussen land en de foerageerlocatie. In offshore windparken in het buitenland werd naast ruige dwergvleermuis en rosse vleermuis ook kleine dwergvleermuis *Pipistrellus pygmaeus*, en de bedreigde bosvleermuis *Nyctalus leisleri* waargenomen (Ahlén *et al.*, 2007, Jonge Poerink *et al.*, 2013). Het staat dus vast dat er sprake is van migratie over de Noordzee.

### 12.1.2. Projectgebied

De Mermaid-concessie ligt ten noorden van de Bligh Bank, en is van alle windpark concessies het verst van de kust. Voor de volledige zone die is afgebakend voor het opwekken van hernieuwbare energie kan er gesteld worden dat de zeevogeldensiteit sterk afneemt met een grotere afstand tot de kust (Vanermen *et al.*, 2013).

De referentiesituatie in het projectgebied is vergelijkbaar met de situatie op de Bligh Bank, voor de bouw van het Belwind park. De gemiddelde zeevogeldensiteiten waren er lager dan op de rest van het BDNZ. In de lente en zomer waren de aantallen erg laag (<1.5 vogels/km<sup>2</sup>). In de winter werden er

enkel voor zeekoet en drieteenmeeuw aanzienlijke aantallen waargenomen. In de herfst was dit het geval voor Jan van Gent, grote mantelmeeuw en drieteenmeeuw (Vanermen *et al.*, 2013).

Vier soorten die voorkomen in de zone voor hernieuwbare energie hebben een hoge beschermingsstatus: grote stern, visdief, dwergmeeuw en grote jager. Van augustus tot december is vooral het noord-westen van de zone (inclusief de Mermaid concessie) van belang voor grote jager (Vanermen *et al.*, 2013). De volledige zone maakt in de lente deel uit van de migratie-route van dwergmeeuw (Vanermen *et al.*, 2013). Deze soort is opgenomen in de bijlage I van de vogelrichtlijn en de appendix II van de Bern conventie. Het projectgebied is gezien de afstand tot de kust van veel minder belang voor grote stern en visdief.

Het doel van deze evaluatie is de aanvaardbaarheid van de effecten van het Mermaid project en de cumulatieve effecten van alle windparken in het BDNZ op vogels en vleermuizen te beoordelen en eventuele mitigerende maatregelen voor te stellen. Vervolgens wordt een gepaste monitoring opgezet die toelaat om eventuele leemtes in de kennis in te vullen.

## 12.2 Te verwachten effecten van het windpark

De effecten van de constructie en exploitatie van een windpark op vogels en vleermuizen zijn afhankelijk van tal van factoren, waaronder de lokale omgeving, de soorten die aanwezig zijn in dat gebied en de gebruikte technologie. Daardoor kan de impact per locatie verschillen en dienen de effecten per windpark te worden beoordeeld (Drewitt & Langston, 2006).

### 12.2.1 Constructiefase

Tijdens de constructie zijn de voornaamste impacts:

- verstoring door de toegenomen scheepstrafiek;
- verstoring door de productie van geluid en trillingen ten gevolge van het heien van palen, het kabelleggen;
- een verhoogde turbiditeit in de waterkolom door baggerwerkzaamheden.

De effecten tijdens de constructiefase van windparken in Denemarken bleken soortspecifiek te zijn. Alkachtigen vermeden de zone, terwijl zilvermeeuw *Larus argentatus* aangetrokken werd door de scheepvaartactiviteit en de mogelijkheid om te rusten op de constructies in aanbouw (Christensen *et al.*, 2003; Petersen *et al.*, 2006). Voor de verstoringgevoelige soorten gaat de constructiefase gepaard met tijdelijk habitatverlies, dus voor één of twee jaar (afhankelijk van de fasering van het project).

Het onderwatergeluid veroorzaakt door heiwerkzaamheden zorgt voor een erg hoge geluidsdruk in de waterkolom. Zo werd bij het heien van funderingen voor het Belwind windpark een onderwatergeluid van 194 dB re 1  $\mu$ Pa, genormaliseerd tot 750 m van de bron, geproduceerd (Norro *et al.*, 2012). Tijdens het heien van de pinpiles voor de jacket-funderingen van de fase II en III van het C-Power windpark was dit 172 tot 189 dB re 1  $\mu$ Pa, genormaliseerd tot 750 m van de bron. Bij het heien van de turbinepalen bij de aanleg van een windpark op acht zeemijl ten noordwesten van IJmuiden (Nederland) werden er (bij een beperkt aantal waarnemingen) echter geen negatieve effecten vastgesteld op duikende vogels, die het meest kwetsbaar zijn voor onderwatergeluid (Leopold en Camphuysen, 2007).

Er zijn voorlopig geen aanwijzingen dat het heigeluid in die mate een effect heeft op juveniele vissen dat dit zou leiden tot een verminderd voedselaanbod voor zeevogels. Debusschere *et al.* (2014) stelden geen verhoogde mortaliteit (noch directe mortaliteit, noch uitgestelde mortaliteit) vast tijdens

een *in situ* experiment waarbij juveniele zeebaars *Dicentrarchus labrax* werd blootgesteld aan heigeluid.

De volumes zand die gebaggerd en teruggestort worden zijn afhankelijk van de gekozen configuratie en funderingstype. Indien er echter gravitaire funderingen worden gebruikt, worden grote volumes sediment per fundering gebaggerd om een funderingsput te maken. Na het plaatsen van de fundering wordt dit sediment mogelijks gebruikt om de funderingsput terug op te vullen (backfill) of als ballast in de fundering (infill) (IMDC, 2013). Deze werken zullen zorgen voor een tijdelijke turbiditeitsverhoging. Het is duidelijk dat dit effect het grootst zal zijn bij gravitaire funderingen. Indien er sprake zou zijn van een langdurige turbiditeitsverhoging dan vormt dit een verstoring voor op het zicht jagende vogels (e.g. Zeekoet, Alk, Jan van Gent, Kleine mantelmeeuw). Dit wordt verder onderzocht in het kader van de monitoring (zie Hoofdstuk 6).

De effecten van de constructie op vleermuizen is voorlopig een leemte in de kennis.

### 12.2.2 Exploitatiefase

De effecten van windparken tijdens de exploitatiefase op vogels zijn op te delen in twee componenten: een directe en een indirecte. Enerzijds is er de directe mortaliteit door aanvaring van vogels met turbines met een verhoogde mortaliteit binnen de populatie tot gevolg (i.e. aanvaringsaspect), anderzijds zijn er indirecte effecten als gevolg van fysische wijzigingen van het habitat. De aanwezigheid, beweging of het geluid van de turbines zorgen voor een verandering van het oorspronkelijke habitat en kunnen leiden tot veranderingen in de verspreiding en de densiteiten van vogels (i.e. 'displacement' effect). Vogels kunnen aangetrokken worden door nieuw beschikbare rustplaatsen of een verhoogde voedselbeschikbaarheid, of ze kunnen verstoord worden en hierdoor het gebied gaan vermijden. Een tweede indirect effect is het barrière effect, i.e. de verstoring van vliegende vogels door de aanwezigheid van het windpark (Desholm *et al.*, 2005; Fox *et al.*, 2006; Drewitt & Langston, 2006; ...).

#### 12.2.2.1 Aanvaringsaspect

Het aanvaringsrisico is afhankelijk van een groot aantal factoren zoals de aanwezige soorten, aantal vogels en hun gedrag, weersomstandigheden, de rotorhoogte en -snelheid van de turbines, de configuratie van het windpark en de aanwezige verlichting (Drewitt & Langston, 2006). Veranderende weersomstandigheden kunnen het aanvaringsrisico beïnvloeden. Zo is bekend dat meer aanvaringen gebeuren bij slechte zichtbaarheid door mist en regen en 's nachts (Karlsson, 1983; Erickson *et al.*, 2001; Stienen *et al.*, 2002). Migrerende vogels gaan ook lager vliegen bij lage bewolking of bij sterke tegenwind en worden zo gevoeliger voor aanvaringen (Winkelman, 1992; Richardson, 2000).

Op dit moment zijn er van geen enkel offshore windpark betrouwbare gegevens beschikbaar over het aantal aanvaringsslachtoffers. Dit aantal wordt voorlopig geschat op basis van een collision risk model (CRM) dat rekening houdt met het aantal turbines, rotorhoogte, configuratie van het park, de vlieghoogte, het aantal vliegbewegingen (flux) en het ontwijkgedrag (Band, 2012).

Op basis van de densiteit van zeevogels in het Belwind windpark, zullen er volgens het CRM (Band, 2012) ca. 2,4 meeuwen per turbine per jaar in aanvaring komen in het windpark op de Bligh Bank. Meeuwen zijn het gevoeligst voor aanvaringen aangezien ze vaak op rotorhoogte vliegen. De verspreiding en densiteit van zeevogels in de Mermaid concessie is zeer gelijkaardig aan deze op de

Bligh Bank (Vanermen *et al.*, 2013). Het verwachte aantal aanvaringslachtoffers zal dus ook erg gelijkaardig zijn. In het OWEZ windpark in Nederland werd er berekend dat er jaarlijks 6,9 meeuwen in aanvaring komen per turbine. Dit verschil valt te verklaren door het feit dat het OWEZ park dichterbij de kust is dan Belwind (respectievelijk 10 en 40 km) en dat de densiteit aan vogels bijgevolg veel hoger is.

Soorten die minder op rotorhoogte waargenomen hebben logischerwijze een lagere kans om in aanvaring te komen met een turbine. Alkachtigen, stern en dwergmeeuw worden zelden of nooit op rotorhoogte waargenomen. Voor deze soorten zullen het aantal aanvaringen dan ook erg laag zijn (Vanermen *et al.*, 2013).

Het aantal aanvaringslachtoffers in een windpark op zee is recht evenredig met het aantal windturbines. Davies en Band (2012) en Johnston *et al.* (2014) toonden aan dat het verhogen van de naafhoogte en dus het gebruik van grotere turbines een effectieve mitigerende maatregel is om het aanvaringsrisico te reduceren.

Op basis hiervan wordt de voorkeur gegeven aan configuratie 3, waarbij 24 windturbines voorzien worden en het verwachte aantal aanvaringslachtoffers het laagst zal zijn. Dit wordt ook aangegeven in het MER.

Tijdens sterke zangvogeltrek, zoals waargenomen met de radar op de Thorntonbank tijdens de nacht van 21-22 oktober 2012, kan het aantal aanvaringslachtoffers oplopen tot 20 in een enkele nacht in het volledige windpark op de Thorntonbank. Bij de beoordeling van dit cijfer is het van groot belang om zich bewust te zijn van het feit dat er tijdens dergelijke nacht enorm hoge aantallen zangvogels passeren. Het valt te verwachten dat deze resultaten gelijkaardig zijn in het Mermaid windpark (Vanermen *et al.*, 2013).

Het zijn vooral niet-zeevogels die tijdens de trek aangetrokken worden door obstakels op zee en er vooral tijdens slechte weersomstandigheden proberen neer te strijken (zogenaamde ‘falls’) (Hüppop *et al.*, 2006). Tijdens dergelijke ‘falls’ is het dus mogelijk dat er een groot aantal aanvaringslachtoffers vallen. Hüppop *et al.* (2006) raden daarom ook aan om de turbines te stoppen tijdens nachten waarbij er sterke migratie en slechte weersomstandigheden worden verwacht.

Bijkomende visuele en radarwaarnemingen zijn nodig om een meer accuraat beeld te verkrijgen van de flux, vlieghoogte en het ontwijkgedrag van vogels. Dit zorgt voor een betere input in de aanvaringsmodellen en dus voor meer betrouwbare resultaten. Om een echt accuraat beeld te krijgen van het aantal aanvaringen moeten deze geregistreerd kunnen worden met gespecialiseerde apparatuur (DT-bird, WT-bird), i.p.v. deze aantallen te schatten.

Het in aanvaring komen met turbines is het belangrijkste effect van windparken op vogels omdat het de natuurlijke mortaliteit van de populatie verhoogt (Johnson *et al.*, 2002). Zeevogels zijn langlevende soorten met weinig nakomelingen en hoge broedzorg. Bij dergelijke soorten kan een licht verhoogde mortaliteit toch significante effecten hebben op populatieniveau (Sæther & Bakke, 2000; Drewitt & Langston, 2006). In een modelstudie van Poot *et al.* (2011) wordt besloten dat de bijkomende mortaliteit door een enkel windpark bij geen enkele soort zorgt voor een neerwaartse trend in populatiegrootte.

Recente resultaten van Vanermen *et al.* (2013) suggereren dat het windpark op de Bligh Bank een aantrekkende werking heeft op Kleine Mantelmeeuw en Stormmeeuw. Als deze trend zich verderzet, dan zorgt een verhoogde activiteit van deze soorten in het windpark voor een hoger aanvaringsrisico

(Vanermen *et al.*, 2013). Verder onderzoek zal uitwijzen of deze aantrekking zich verderzet in de komend jaren.

Het is hier ook van belang om de mogelijke aanvaringen van vleermuizen met turbines te vermelden. Ahlén *et al.* (2007 en 2009) stelden vast dat migrerende vleermuizen regelmatig in een nearshore windpark in de Baltische zee gaan foerageren, aangetrokken door de accumulatie van vliegende insecten in het park. Recent werd ook aangetoond dat vleermuizen voorkomen in de Nederlandse windparken OWEZ en prinses Amalia, op respectievelijk 15 en 23 km van de kust (Jonge Poerink *et al.*, 2013). In 98 % van de registraties betrof het de ruige dwergvleermuis en in 2% om de rosse vleermuis. Het gaat hier vermoedelijk om migrerende individuen. Al is het niet uitgesloten dat het in sommige gevallen over foeragerende dieren gaat die heen en weer vliegen tussen land en de foerageerlocatie. In offshore windparken in het buitenland werd naast Ruige Dwergvleermuis en rosse vleermuis ook Kleine Dwergvleermuis *Pipistrellus pygmaeus*, en de bedreigde Bosvleermuis *Nyctalus leisleri* waargenomen (Ahlén *et al.*, 2007, Jonge Poerink *et al.*, 2013). Op dat moment bestaat er vanzelfsprekend een risico om in aanvaring te komen met de turbines.

Offshore is deze impact voorlopig nog een leemte in de kennis, onshore wordt meer en meer duidelijk dat vleermuizen in aanzienlijke aantallen in aanvaring komen met turbines. Zo schat Voigt *et al.* (2012) het aantal aanvaringsslachtoffers op land in Duitsland op 200.000 vleermuizen per jaar. Aangezien een licht verhoogde mortaliteit kan leiden tot een negatieve trend op populatieniveau bij vleermuizen, is dit aspect van groot belang (Kunz *et al.*, 2007; Rydell *et al.*, 2010; Voigt *et al.*, 2012).

#### 12.2.2.2 Verstoringsaspect: Veranderingen in aantallen en verspreiding door wijziging van het habitat

Door de bouw van een windpark wordt een habitat fysisch gewijzigd. Op de locaties waar er turbines gebouwd worden, is er sprake van 'fysisch' habitatverlies. Het gebied dat bepaalde soorten gaan vermijden als rust- of foerageergebied als reactie op de aanwezigheid van de turbines is het 'effectieve' habitatverlies (Fox *et al.*, 2006). Voor soorten die het toekomstige park gaan vermijden betekent dit project een effectief habitatverlies van 16,27 km<sup>2</sup> (i.e. 0,42 % van het BDNZ). Dit is *sensu stricto* de oppervlakte van het park. Het is niet uitgesloten dat sommige soorten ook een bufferzone rond het park zullen vermijden. Dit werd onder meer aangetoond bij jan-van-gent in het Horns Rev park (Denemarken), waar een reductie van 80% in een straal van twee tot vier kilometer rond het windpark werd vastgesteld. Er werd aangenomen dat dit in het park praktisch 100% was. Er werd ook vermijdingsgedrag aangetoond bij alk, zeekoet en duikers. Bij meeuwen was dit minder het geval (Petersen *et al.*, 2006). Voor Jan-van-gent en Dwergmeeuw werd er ook vermijdingsgedrag vastgesteld in het Nederlandse OWEZ windpark. Ook Grote Stern en Dwergmeeuw verkozen meestal om rond het OWEZ park te vliegen in plaats van erin (Leopold *et al.*, 2011).

De verspreiding en densiteit van zeevogels in de Mermaid concessie is zeer gelijkaardig aan deze op de Bligh Bank. Vanermen *et al.* (2013) tonen aan dat Jan van Gent, Zeekoet en Alk het windpark op de Bligh Bank vermijden. Kleine Mantelmeeuw en Stormmeeuw worden er toe aangetrokken. Tijdens de exploitatie van het Mermaid park worden gelijkaardige effecten verwacht.

Een verklaring voor het aantrekkingsgedrag van bepaalde soorten is mogelijks dat het windpark rustplaatsten biedt of dat het een referentie is in de open zee. De aantrekking van stern, zoals vastgesteld in het windpark op de Thorntonbank (Vanermen *et al.*, 2013), suggereert een verhoging van het voedselaanbod in de windparken. Veranderingen in de voedselbeschikbaarheid worden teweeg gebracht door de aangroei van epifauna op de nieuwe harde substraten (i.e.

windturbinefunderingen, De Mesel *et al.*, 2013), de toename van vissen rond de turbines (Reubens *et al.*, 2010 en 2011) en het visverbod dat van kracht is in de windparken. .

In het Nederlandse OWEZ (op 10 tot 18 km van de kust) park werd vastgesteld dat er een aantrekkend effect is op aalscholvers *Phalacrocorax carbo*. Die gebruiken de structuren in het windpark als uitvalsbasis om te foerageren (Leopold *et al.*, 2011). Camphuysen (2011) toonde aan dat de nederlandse windparken ook erg aantrekkelijk zijn voor verschillende meeuwensoorten, waaronder kleine mantelmeeuwen, als rustgebieden. Zo trekt de centrale controle toren van het Prinses Amalia park (23 km van de kust) meeuwen aan tot in het hart van het park omdat het veel rustplaatsen biedt. Dit werd ook waargenomen in de winter van 2011-2012 op de Thorntonbank, waar de jacket-funderingen (toen nog zonder turbines) veelvuldig als rustplaats werden gebruikt door meeuwen.

Camphuysen (2011) deed ook onderzoek naar het foerageergedrag van kleine mantelmeeuwen uit de kolonie op Texel. Hiervoor werden een aantal vogels uitgerust met een GPS-logger. Deze data tonen aan dat de windparken OWEZ en Q7, die respectievelijk 48 km en 57 km van de kolonie verwijderd zijn, binnen de range liggen van de onderzochte kleine mantelmeeuwen. Gelijkaardig onderzoek waarbij kleine mantelmeeuwen en zilvermeeuwen uit de kolonie in Zeebrugge gezenderd werden is bezig. De resultaten hiervan zullen meer inzicht geven in het foerageergedrag van deze dieren en of ze al dan niet foerageren in de windparken.

Deze voorgaande vaststellingen tonen aan dat er minder vermijdingsgedrag optreedt bij zeevogels dan initieel verwacht, en dat er zelfs sprake is van aantrekking bij bepaalde soorten. Dit is, zoals eerder vermeld, enerzijds positief in het kader van habitatverlies, anderzijds zijn de soorten die niet verstoord worden of zelfs aangetrokken worden door windparken gevoeliger voor aanvaringen. Van deze soorten is kleine mantelmeeuw het gevoeligst voor aanvaringen doordat ze vaak op rotorhoogte vliegen (22%) en doordat ze groot en weinig wendbaar zijn (Vanermen *et al.*, 2013).

Samenvattend wordt er verwacht dat bepaalde soorten, zoals kleine mantelmeeuw en stormmeeuw aangetrokken zullen worden door het Mermaid windpark en dat andere soorten (e.g. jan-van-gent, alkachtigen) het park zullen vermijden.

#### 12.2.2.3. Verstoring: barrière effect

Zoals hierboven vermeld migreren er jaarlijks, naar schatting, 1 – 1,3 miljoen zeevogels door de Zuidelijke Noordzee, en bijgevolg ook door de ‘flessenhals’ ter hoogte van het kanaal (Stienen *et al.*, 2007). Dit is dus een erg belangrijke corridor voor migrerende zeevogels. Ook voor niet-zeevogels is dit het geval. Het is bekend dat er sprake is van massale trek van zangvogels die zich tot ver op zee uitstrekt (Buurma, 1987; Alerstam, 1990; Vanermen *et al.*, 2006). Zo werden er tijdens de nacht van 21 en 22 oktober 2012 met een radarinstallatie in het C-Power windpark pieken tot 570 (groepen van) vogels per km op rotorhoogte waargenomen. Dit waren hoogstwaarschijnlijk migrerende lijsterachtigen.

Resultaten van radarstudies en visuele waarnemingen in Horns Rev en Nysted tonen aan dat vogels hun vliegrichting aanpassen wanneer ze in de buurt van offshore windparken komen. In Horns Rev ontweek 71 tot 86 % van de vogels het park als ze op een afstand van 1,5 – 2 km waren, om dan tot meer dan vijf km rond de buitenkant van het park te vliegen. In Nysted was dit 78 %. 's Nachts gebeurt de wijziging van de vliegrichting dicht bij het park (op ca. 0,5 km afstand van het park) dan overdag maar de ontwijkpercentages zijn even hoog. Er is dus sprake van een barrière-effect van offshore windparken op migrerende vogels (Fox *et al.*, 2006; Petersen *et al.*, 2006).

Recent onderzoek in het Nederlandse OWEZ windpark stelde vast de meeste soorten overdag ontwijkgedrag vertoonden. De afstand van het windpark waarop dit gebeurde varieerde tussen de 200 m en enkele kilometer. 's Nachts werd er veel minder ontwijkgedrag vastgesteld (Krijgsveld *et al.*, 2010). Ganzen vertoonden de sterkste reactie op het park, vaak gepaard met paniekerig gedrag. De afstand waarop dit gebeurde was tussen de 0.5 en 1 km van het park, vervolgens vlogen ze rond het volledige park. Zangvogels, die de meerderheid uitmaken van de migrerende vogels in dat gebied, vermeden het volledige park. Finaal werd besloten dat 18 – 34% minder vogels in het OWEZ windpark vlogen dan erbuiten (Krijgsveld *et al.*, 2011).

Plonczkier & Simms (2012) stelden vast dat groepen Kleine Rietgans *Anser brachyrhynchus* in 94,5 % van de gevallen vermijdingsgedrag vertoonden in reactie op offshore windparken voor de kust van Lincolnshire (UK). Zij concludeerden dat in 97,25% van de gevallen de kleine rietganzen zonder enig risico op additionele mortaliteit door het gebied konden migreren.

Dit aanpassen van de vliegrichting om het windturbineparken te vermijden betekent een gering negatief effect op de avifauna, het barrière-effect impliceert immers dat de migrerende vogels een langere weg moeten afleggen, met een verhoogde energieconsumptie tot gevolg (Drewitt & Langston, 2006). Dit effect is echter verwaarloosbaar gezien de grote afstanden die migrerende vogels afleggen (Masden *et al.*, 2009, 2010; Poot *et al.*, 2011). Bijkomend zorgt dit vermijdingsgedrag er ook voor dat de kans op aanvaring met turbines, tijdens de migratie, daalt.

### 12.2.3 Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen, wat betreft tijdelijk biotoopverlies en resuspensie van fijne sedimenten, vermoedelijk gelijkaardig zijn aan deze tijdens de bouwphase. Het is momenteel niet duidelijk welke technieken gebruikt zullen worden bij de verwijdering van monopiles en jacket funderingen en bijgevolg kan er nog geen inschatting gemaakt worden van de effecten van eventueel verhoogd onderwatergeluid. Na de afbraakfase dient nagegaan te worden of er zich al dan niet een terugkeer zal voordoen naar de initiële situatie.

## 12.3 Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject

De effecten van de installatie van de WEC's op de avifauna zullen in grote mate gelijkaardig zijn aan deze van de constructie van de windturbines (12.2.1), waarbij de verstoring door verhoogde scheepsactiviteit of eventuele heiwerkzaamheden het meest van belang zal zijn. Deze effecten zullen sterk afhangen van het type WEC dat uiteindelijk geplaatst zal worden. Echter, door de beperkte schaal van de testfase en de tijdelijke aard van de verstoring wordt verwacht dat deze niet significant zullen zijn.

Tijdens de exploitatiefase wordt verwacht dat soorten zoals kleine mantelmeeuw en stormmeeuw zullen worden aangetrokken tot het Mermaid windpark. Ook de WEC's zullen bepaalde soorten zeevogels aantrekken als deze installaties bijkomende rustplaatsen of foerageermogelijkheden bieden. Dit wordt ook bevestigd door Jackson (2014). Verwacht wordt dat dit zeker voor kleine mantelmeeuw het geval zal zijn, een van de soorten met het hoogste aanvaringsrisico met offshore turbines (Furness *et al.*, 2013). Voor deze soort zijn er aanwijzingen dat de verhoogde mortaliteit, door aanvaringen met wind turbines, een negatief effect op populatieniveau heeft (Vanermen *et al.*, 2013). Het cumulatief effect van WEC's en wind turbines zal dus nauwgezet moeten worden onderzocht in de toekomst.



Veel types WEC's hebben aanzienlijke onderwater componenten voor hun verankering, maar ook complexe roterende delen en onderwater ruimtes. Deze vormen een risico om mee in aanvaring te komen of in verstrikt te raken (Birdlife international, 2012; Grecian *et al.*, 2010; Langton *et al.*, 2011; Witt *et al.*, 2012).

Mogelijk zullen de WEC's voor een gelijkaardig effect zorgen op zoals het geval is bij grote wierpakketten, met name dat ze als een soort 'meeting point' dienst doen voor pelagische vis. Indien dit zo is, dan betekent dit een verhoogde voedselbeschikbaarheid voor actief prederende soorten.

Aangezien er een erg grote verscheidenheid van systemen wordt voorgesteld in het MER is het momenteel niet mogelijk om de schaal van deze effecten in te schatten.

## 12.4. Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten

### 12.4.1. Cumulatieve effecten

De bouwperiodes van verschillende windparken in het BDNZ zullen mogelijks overlappen. Er mag dan aangenomen worden dat het cumulatieve effect van de bouw van de parken bestaat uit de som van de effecten van de bouw voor elk van de parken afzonderlijk. Het cumulatieve effect van de werken aan de verschillende parken zorgt, voor verstoringen gevoelige soorten, voor een tijdelijk habitatverlies en een mogelijke verhoging van de turbiditeit wat een vermindering in voedselbeschikbaarheid tot gevolg kan hebben. Momenteel is het moeilijk in te schatten hoeveel parken er gelijktijdig zullen gebouwd worden en wat dus de omvang van dit cumulatief effect zal zijn. Echter, gezien de beperkte duur en de lokale aard van deze effecten, zijn deze aanvaardbaar.

Voorlopig is het vermijdingsgedrag van bepaalde soorten tijdens de exploitatie van windparken op zee, zoals vastgesteld door Petersen *et al.* (2006), Leopold *et al.* (2009) en Vanermen *et al.* (2013), site- en soortspecifiek. Bepaalde soorten, e.g. Jan van Gent, alkachtigen, zullen vermoedelijke de volledige zone bestemd voor elektriciteitsproductie vermijden eens deze is volgebouwd. Dit betekent voor deze soorten een habitatverlies van 238 km<sup>2</sup> of 6,9 % van het BDNZ. Dit kan voor bepaalde soorten zelfs meer zijn aangezien bepaalde soorten zelfs de zone rond windparken vermijden.

Het aantal aanvaringen van vogels met windturbines wordt laag ingeschat (Vanermen & Stienen, 2009; Krijgsveld *et al.*, 2011; Plonczkier & Simms, 2012; Vanermen *et al.*, 2013). Het is echter mogelijk dat het aantal aanvaringsslachtoffers van alle windparken samen een significant effect hebben op populatieniveau. Omdat zeevogels lang leven en jaarlijks een laag aantal jongen groot brengen kan een licht verhoogde mortaliteit op lange termijn toch een significant negatief effect hebben op de populatie (Drewitt & Langston, 2006; Sæther, B. E. & Bakke, Ø, 2000). Een modelstudie van Poot *et al.* (2011) maakt een inschatting van het aantal aanvaringsslachtoffers van 11 windparken in het Nederlands deel van de Noordzee. Dit werd gedaan door de gegevens die verzameld werden in het OWEZ park te extrapoleren. Volgens deze extrapolatie zouden het aantal aanvaringsslachtoffers bij vrijwel alle onderzochte soorten (behalve bij zilverbreeuw) niet voor een negatieve trend zorgen in de populatiegrootte.

Extrapolatie van het geschatte aantal aanvaringen op de Bligh Bank naar Noordzee-schaal, rekening houdend met de gekende populatiegrootte van deze soorten, de gekende mortaliteit bij adulte dieren en de plannen om ca. 14,000 windturbines te bouwen in de volledige Noordzee, resulteert in een extra mortaliteit die bij kleine en grote mantelmeeuw mogelijks groter is dan 5 % (Vanermen *et al.*, 2013). Deze 5 % is wat aangenomen wordt als een grenswaarde, die bij overschrijding een achteruitgang van de populatie kan betekenen (Dierschke *et al.*, 2003; Everaert, in prep.). Dit is vanzelfsprekend een

ruwe extrapolatie op basis van beperkte gegevens, maar het toont aan dat hoewel het aantal aanvaringen in een enkel park laag zijn, de cumulatieve effecten toch een impact kunnen hebben op populatieniveau.

Een laatste cumulatief effect is het barrière-effect van de bestaande en geplande parken samen. Ontwijkgedrag van migrerende vogels als reactie op offshore windparken is bekend (Krijgsveld *et al.*, 2011; Plonczkier & Simms, 2012). Ze doen dit door hun richting en/of vlieghoogte aan te passen. De oriëntatie van de volledige zone die aangeduid is voor electriciteitsproductie in het BDNZ (loodrecht op de migratierichting) is in dat opzicht niet gunstig. De verschillende windparken zullen mogelijk een aaneengesloten barrière vormen, van ca. 35 km breed, en dat in een stuk waar het kanaal tussen het vasteland en Groot-Brittannië ca. 140 km breed is. Indien vogels rond de volledige zone zullen vliegen en ook windparken in nederlandse en vooral engelse wateren moeten ontwijken, zorgt dit voor een verhoogd energieverbruik bij de trekkende vogels (Drewitt & Langston, 2006). Zeker indien men in acht neemt dat dit voor bepaalde soorten gepaard gaat met paniekreacties, zoals beschreven voor ganzen door Krijgsveld *et al.* (2010). Tijdens de voor- en najaarsmigratie leggen migrerende vogels echter dergelijk grote afstanden af dat het niet te verwachten valt dat die bijkomende afstand rondom de volledige windenergiezone een significant negatief effect is (Masden *et al.*, 2009, 2010; Poot *et al.*, 2011).

Het cumulatief effect van alle windparken samen op vleermuizen is voorlopig een leemte in de kennis en moet grondig onderzocht worden.

#### 12.4.2. Grensoverschrijdende effecten

De door de nv Mermaid aangevraagde locatie voor het energiepark ligt op een afstand van respectievelijk 34 en 35 km tot de Nederlandse Natura 2000 gebieden Vlake van de Raan en Voordelta, op een afstand van 49 km tot het dichtstbijzijnde Franse Natura 2000 gebied Bancs des Flandres en op 62 km van het dichtste Engelse Natura 2000 (zie hoofdstuk 4).

Rekening houdende met de grote foerageerafstanden van zeevogels, is het niet ondenkbaar dat meeuwen, stern en aalscholvers vanuit de vogelrichtlijngebieden SBZ-V3 Zeebrugge (BE), Voordelta (NL), Westerschelde – Saeftinghe (NL), Oosterschelde (NL) en Grevelingen (NL) tot in de projectlocatie komen om te foerageren. Scheepstellingen tijdens het broedseizoen doen vermoeden dat er voorlopig weinig stern tot aan de windparken vliegen om te foerageren (enkel grote stern af en toe), maar dat dit mogelijk wel het geval is voor meeuwen.

Voor aalscholvers en stern, die meestal onder de rotorhoogte vliegen, wordt er verwacht dat het aantal aanvaringsslachtoffers zeer laag zal zijn. Meeuwen, zoals eerder besproken, maken meer kans om in aanvaring te komen. In een modelstudie van Poot *et al.* (2011) wordt besloten dat de bijkomende mortaliteit door een enkel windpark bij geen enkele soort zorgt voor een neerwaartse trend in populatiegrootte. Diezelfde modelstudie maakt een inschatting van het aantal aanvaringsslachtoffers van 11 windparken in het Nederlands deel van de Noordzee, op basis van de gegevens die verzameld werden in het OWEZ park te extrapoleren. Volgens deze extrapolatie zouden het aantal aanvaringsslachtoffers bij de alle soorten (behalve bij zilverbmeeuw) niet voor een negatieve trend zorgen in de populatiegrootte. Er wordt dus niet verwacht dat de realisatie van dit project, en bij uitbreiding alle geplande windparken in het Belgisch deel van de Noordzee, een negatief effect zullen hebben op de populaties stern, meeuwen en aalscholvers in de Nederlandse Natura 2000-gebieden en dat de instandhoudingsdoelstellingen van deze gebieden, voor wat betreft avifauna, niet in het gedrang komen.

Meer en meer wordt duidelijk dat bepaalde soorten vleermuizen over zee migreren (zie 12.1.1). De impact van windparken op deze soorten is voorlopig een leemte in de kennis.

## 12.5. Besluit

### 12.5.1. Aanvaardbaarheid

Gezien de relatief kleine omvang van het park tegenover het verspreidingsgebied van de eventuele getroffen soorten, en gezien de geringe effecten die verwacht worden is de BMM van oordeel dat de bouw en exploitatie van het Mermaid windpark, voor wat betreft de mogelijke effecten op vogels en vleermuizen, aanvaardbaar is (voor alle mogelijke configuraties en technieken) mits het respecteren van onderstaande voorwaarde.

Er zijn momenteel echter nog een aantal leemten in de kennis betreffende de effecten op vogels en vleermuizen:

- het effect van de mogelijke verhoging van de turbiditeit op de foerageer-efficiëntie van visetende vogels;
- het vermijdings- of aantrekkingsgedrag van lokale vogels ten gevolge van het Mermaid park;
- het barrière-effect en de impact op de bereikbaarheid van broed- en overwinteringsgebieden in België en Nederland;
- de soortspecifieke vlieghoogtes in het park;
- de temporele variatie van de flux van vogels in het park (diurnaal en seizoenaal);
- het aantal aanvaringen van vogels met turbines tijdens verschillende omstandigheden;
- het effect van aanvaringen van vogels met de turbines op populatieniveau;
- het mogelijke optreden van 'falls';
- de wijziging van het voedselaanbod in het windpark;
- de cumulatieve effecten van meerdere windparken in hetzelfde gebied.
- de verspreiding en densiteiten van vleermuizen in het BDNZ;
- het aantal aanvaringen van vleermuizen met de turbines en het mogelijke effect op populatieniveau;
- de mogelijke aantrekking van vleermuizen tot windturbines.

Een gepaste monitoring moet er toe bijdragen deze leemten in de kennis betreffende de effecten op vogels en vleermuizen in te vullen.

Rekening houdende met bovenstaande beoordeling is de configuratie 2 het minst wenselijk voor vogels en vleermuizen. Bij deze configuratie wordt het hoogste aantal turbines voorzien (wat zorgt voor meer aanvaringsslachtoffers) en is de turbinedensiteit (aantal turbines/km<sup>2</sup>) het hoogst (wat de toegankelijkheid van het park voor avifauna bemoeilijkt).

Configuratie 3 heeft het laagst aantal turbines en de gebruikte turbines hebben de grootste naafhoogte. Een hogere naafhoogte is een effectieve mitigerende maatregel om het aantal aanvaringsslachtoffers te verminderen (Davies & Band, 2012; Johnston *et al.*, 2014).

Het testen van WEC's in een proefveld in het Mermaid windpark is aanvaardbaar mits een nauwgezette opvolging van de effecten van deze WEC's op de avifauna en van het cumulatieve effect van WEC's en wind turbines.

## 12.5.2. Voorwaarden en aanbevelingen

### 12.5.2.1 Voorwaarden

Indien er in de toekomst bepaalde omstandigheden worden geïdentificeerd waarbij er een hoog risico is voor aanvaringen dan moeten de turbines tijdelijk stopgezet kunnen worden.

In functie van het onderzoek naar het aantal aanvaringsslachtoffers dient de vergunninghouder op verzoek van de BMM de nodige gegevens over de rotatiesnelheid en “pitch” van de rotorbladen van de windturbines over te maken.

### 12.5.2.2 Aanbevelingen

De BMM heeft geen specifieke aanbevelingen voor dit onderdeel.

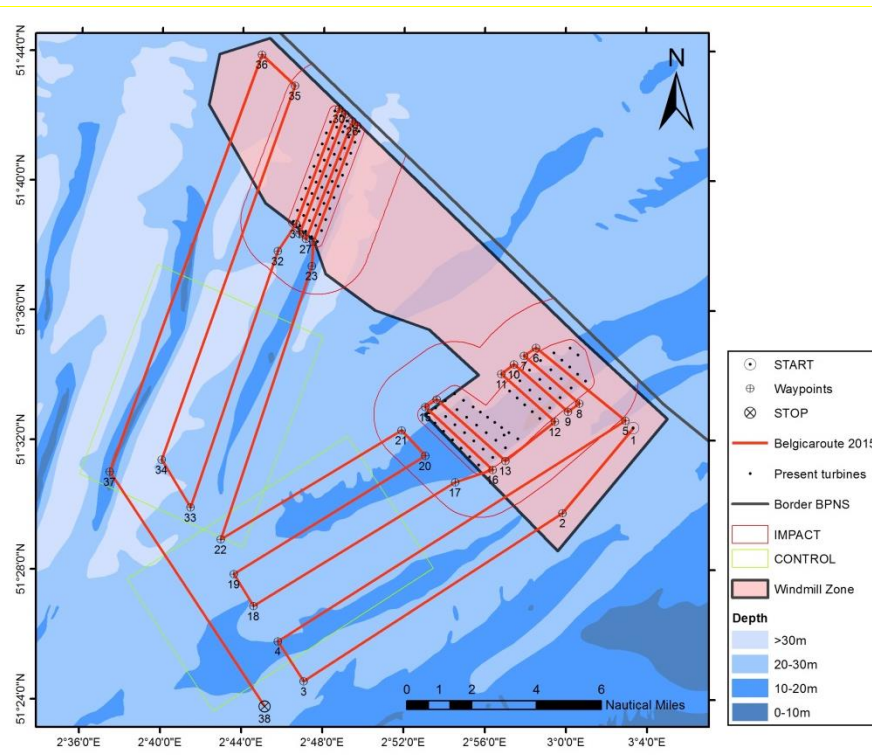
## 12.6. Monitoring en middelen

Gezien de mogelijk significante effecten op de avifauna dient een gepaste monitoring te gebeuren. De huidige monitoring is gericht op de mogelijke effecten op de densiteit en verspreiding van zeevogels, effecten op migrerende vogels, aanvaringen en de cumulatieve effecten door de aanleg van meerdere windparken in hetzelfde gebied. De resultaten van de huidige monitoring zijn gebaseerd op een beperkte dataset (het C-Power windpark is pas volledig operationeel sinds 2013). Het is van belang dat deze monitoring dus wordt verdergezet om na te gaan of de eerdere resultaten bevestigd worden. De aanwezigheid van vleermuizen in het gebied blijft een de leemte in kennis en zal onderzocht worden gezien de mogelijke negatieve effecten op deze beschermde soorten.

### *Zeevogeltellingen*

In welke mate de offshore windparken een effect hebben op de aantallen en de verspreiding van lokale zeevogels (‘displacement effects’) wordt onderzocht door het uitvoeren van maandelijkse schepstellingen volgens een gestandaardiseerd protocol (Tasker *et al.*, 1984). Door het herhalen van die tellingen wordt het mogelijk om verspreidingskaarten van de verschillende soorten op te maken. Het natuurlijk voorkomen van zeevogels is onderhevig aan erg hoge variabiliteit en hierdoor is het vaak moeilijk om een verandering in het verspreidingsgebied en het aantal van een bepaalde soort, die veroorzaakt wordt door een externe impact (bv. een windpark), statistisch hard te maken. Analyses van de ‘statistische power’ van de gegevens toonden aan dat veranderingen in aantallen van 30 tot 70 % voor de meeste soorten makkelijk aantoonbaar zijn binnen een periode van 10 jaar na de impact (Vanermen *et al.*, 2011). Indien nodig, kan de power van de data verhoogd worden door enerzijds de intensiteit van de tellingen te verhogen en anderzijds door de duur van het onderzoek te verlengen. Continuïteit van deze telgegevens is dus van groot belang om de effecten statistisch te kunnen aantonen.

Zeevogelsurveys in de windparken worden reeds sinds 2008 maandelijks uitgevoerd. In 2015 wordt de track van deze survey gewijzigd. Er wordt niet in elk park apart gemonitord, maar er wordt gefocust op een nearshore omgeving (C-Power en Norther) en een offshore gebied (Belwind en Mermaid-concessie). Deze track wordt weergegeven in figuur 12.1. Op het moment dat de WEC’s operationeel zijn zal, afhankelijk van de toegankelijkheid van het WEC proefveld, de track op dat moment mogelijk nog moeten gewijzigd worden om ook de effecten van de WEC’s te kunnen opvolgen.



Figuur 12.1. Vaarroutes om avifauna te tellen in de windparken en de referentiegebieden.

#### *Radaronderzoek*

Om de vliegbewegingen van vogels in de windparken te onderzoeken werd een automatisch radarsysteem aangekocht. Dit zal toelaten om ontwijkgedrag (horizontaal en verticaal) van migrerende vogels vast te stellen en om de flux van vogels doorheen het park te bepalen. Die fluxdata kan dan samen met de gegevens over het ontwijkgedrag (rond het volledige park en rond individuele turbines) gebruikt worden om een betrouwbare inschatting te maken van het aantal aanvaringsslachtoffers. De nood aan dergelijke betrouwbare data werd reeds beschreven in Vanermen en Stienen (2009) en Krijgsveld *et al.* (2010). Deze radar kan in principe continu functioneren en zal dus ook 's nachts en in slechte weersomstandigheden de vliegbewegingen registreren. Meer informatie over dit systeem is beschikbaar in Brabant en Jacques (2009) en Brabant *et al.* (2012). Het radarsysteem werd begin 2012 op het offshore transformator platform van C-Power geïnstalleerd.

In het monitoringprogramma wordt een bijdrage gevraagd voor het verderzetten van dit onderzoek en voor het onderhoud van de installatie.

#### *Aanvaringen met turbines*

Tot dusver worden het aantal aanvaringen van vogel en vleermuizen geschat op basis van wiskundige modellen. Maar er is een grote nood aan methodes die toelaten om het reële aantal aanvaringen vast te stellen. De ontwikkelingen van gespecialiseerde apparatuur (e.g. DT-bird [www.dtbird.com](http://www.dtbird.com) en WT-bird (Wiggelinkhuizen en den Boon, 2010) zijn zeer recent en worden sinds kort ook op zee succesvol ingezet. Vooraleer er wordt overgegaan tot de aankoop van dergelijke apparatuur zullen deze ontwikkelingen verder worden opgevolgd zodat het meest geschikte systeem kan worden ingezet.

#### *Aanwezigheid vleermuizen in het impactgebied*

De inzichten dat mogelijks ook vleermuizen aanwezig zijn in windparken op zee en dus ook mogelijks in aanvaring kunnen komen met turbines zijn relatief nieuw. Daarom zal er, in het kader van het monitoringprogramma, onderzocht worden welke soorten en in welke aantallen vleermuizen

voorkomen in de Belgische windenergiezone. Dit kan met behulp van gerichte tellingen op zee, radaronderzoek en bat- detectoren (Rodrigues *et al.*, 2008) en zal voornamelijk plaatsvinden tijdens de migratie periodes (april-mid mei; augustus- mid oktober).

In het najaar van 2014 werd hiertoe een eerste verkennend onderzoek opgestart met een bat-detector die werd geïnstalleerd op het onderzoeksschip Belgica. Het is van belang dat dit onderzoek wordt verdergezet en uitgebreid (e.g. door installatie van bat-detectoren op turbines). Er zal voorafgaandelijk worden onderzocht hoe de beschikbare middelen het best kunnen worden ingezet om dit onderwerp te bestuderen.

## *12.7 Evaluatie WEC pilootproject*

In het eerste en tweede jaar na de installatie van de WEC's moet de vergunninghouder de effecten van de WEC's op zeevogels onderzoeken aan de hand van visuele tellingen. De doelstellingen en methodiek van dit onderzoek moeten voorafgaandelijk aan de BMM voorgelegd worden ter goedkeuring. De route van de maandelijks zeevogelsurvey in de windparken kan mogelijk gewijzigd worden om ook de effecten van de WEC's in te schatten. Indien het niet mogelijk zou blijken om voldoende dichtbij de WEC's te komen met het surveyschip, zullen er visuele tellingen gedaan worden vanop een nabijgelegen vaste locatie (bv. nabijgelegen windturbine, OHVS of WEC).

Op basis van de dichtheden van zeevogels in de buurt van de WEC's moeten er modelberekeningen gemaakt worden van het aantal zeevogels die in aanvaring komt met de nabijgelegen windturbines. Zo kan worden besloten of de WEC's resulteren in een significante verhoging van het aantal aanvaringsslachtoffers.

Door de mogelijke rol die WEC's kunnen spelen als meeting point voor pelagische vis, dient er tijdens de zeevogeltellingen ook aandacht te worden besteed aan het (foerageer)gedrag van zeevogels in de buurt van de WEC's.

Van de studie zal een rapport worden opgesteld dat naast de doelstellingen en de methodiek de verwerkte gegevens voorstelt en bespreekt. Dit rapport wordt uiterlijk 2 maanden na het aflopen van het jaar van de survey bij de BMM ingediend en zal door de onderzoekers aan de medewerkers van de BMM op een vergadering voorgesteld worden. Met het rapport worden ook de observaties in elektronische vorm ter beschikking gesteld van de BMM. Van de onderzoekers wordt een actieve deelname verwacht aan eventuele workshops ingericht over de monitoring van de energieparken op het BDNZ, ingericht door de BMM.

Tijdens de monitoring zullen eerste opmerkelijke bevindingen of waarnemingen ad hoc meegedeeld worden aan de BMM.

## 13. Elektromagnetische velden en warmtedissipatie

- Deze beoordeling betreft alle bekabeling van het Mermaid energiepark inclusief een pilootproject met wave energy converters (WEC's).
- Voor de bekabeling van het Mermaid energiepark zijn er in de aanvraag drie opties voorzien:
  - optie A: parkbekabeling sluit rechtstreeks aan op Elia alpha;
  - optie B: parkbekabeling naar een offshore high voltage station (OHVS) in de concessie en vervolgens één of twee verbindingskabel(s) van het OHVS naar Elia alpha;
  - optie C: parkbekabeling naar een OHVS in de concessie en vervolgens één of twee exportkabel(s) naar de kust.
- Elektromagnetische velden (EMV) die ontstaan in de buurt van de kabels bij het transport van elektriciteit zullen grotendeels teniet worden gedaan door de configuratie van drie aders in één kabel en door de afscherming rond de kabels. Dit wordt bevestigd door recente metingen in de operationele windparken van C-Power en Belwind.
- EMV zijn waarneembaar door verschillende mariene organismen. Er vallen echter geen significante effecten te verwachten op die organismen door de geringe verhoging van die velden in de nabijheid van de elektriciteitskabels.
- Door kleine energieverliezen is er ook sprake van een lichte opwarming van de zeebodem in de onmiddellijke omgeving van die kabels. De geringe mate waarin dit het geval is en de begraving van de kabels zorgen ervoor dat dit geen nadelig effect zal hebben op de fauna die in of in de nabijheid van de bodem leeft.
- WEC's worden aan een windturbine geschakeld of aan een OHVS (afhankelijk van de gekozen optie).
- Voorlopig is onduidelijk welke bekabeling de WEC's zullen hebben. Dit is afhankelijk van het gekozen type. Bepaalde types WEC's hebben een kabel die vrij in de waterkolom hangt.
- De grootte van de EMV die geassocieerd zijn met de WEC's is voorlopig een leemte in de kennis. Wanneer er gekozen wordt voor een type met een in de waterkolom vrijhangende kabel is er geen fysieke barrière meer tussen de kabels en gevoelige soorten. Om een inschatting van de omvang van eventuele effecten in te schatten moeten de EMV in de nabijheid van deze kabel(s) worden gemeten.
- Het project is aanvaardbaar voor wat betreft EMV en opwarming van de directe omgeving van de kabels, en dit voor de verschillende voorgestelde scenario's, mits het strikt naleven van een aantal voorwaarden.

### 13.1 Inleiding

#### 13.1.1 Elektromagnetische velden

Elektrische kabels wekken tijdens het transport van elektriciteit Elektromagnetische velden (EMV) op. Deze bestaan uit een elektrisch veld (E-veld) en een magnetisch veld (B-veld). Een elektrisch veld is gebonden aan de spanning, uitgedrukt in volt. Het elektrische veld wordt dan ook gemeten in volt per meter (V/m). Hoe hoger de spanning hoe groter het E-veld. Het magnetische veld wordt veroorzaakt door de stroom die doorheen de geleider vloeit. Hoe groter de hoeveelheid stroom, hoe groter het B-veld. De eenheid van het magnetische veld is de tesla (T).

Zowel gelijkstroom (DC) als wisselstroom (AC) wekken een E-veld en een B-veld op. Er is echter een verschil tussen een B-veld opgewekt door DC of AC. DC zorgt voor een statisch E-veld, terwijl bij AC er een alternerend B-veld ontstaat. Een alternerend B-veld wekt bovendien door inductie nog een bijkomend E-veld op: het geïnduceerd E-veld (iE-veld).

### 13.1.2 Referentiesituatie

Het aardmagnetisch veld is op de breedtegraad van de Noordzee ongeveer 50  $\mu\text{T}$  (Tasker *et al.*, 2010). Het natuurlijk achtergrondniveau van het E-velden in de Noordzee varieert tussen 0,39  $\mu\text{V/m}$  en 0,42  $\mu\text{V/m}$  (SwedPower, 2003).

### 13.1.3 Geplande bekabeling voor het Mermaid project

Momenteel zijn er verschillende opties voor de netaansluiting van het windpark:

- Optie A: rechtstreekse aansluiting van de turbines op de Elia Alpha-installatie met verschillende parallelle kabels. Hierbij gaan de onderling via parkkabels (33kV of 66 kV) verbonden clusters van windturbines bij de laatste turbine over in de verbindingkabels op 66 kV (4-6 parallelle kabels), die de link naar het offshore transformatorstation op Alpha realiseren.
- Optie B: aansluiting van de turbines op een OHVS binnen het concessiegebied. In deze optie B verbinden één of twee verbindingkabel(s) (150,220 of 380 kV) dan het OHVS met de Alpha-installatie.
- Optie C: aansluiting van de turbines op een OHVS binnen het concessiegebied, waarna het OHVS rechtstreeks met land verbonden wordt door middel van één of twee exportkabels op 150-220-380 kV die aangesloten worden aan het elektriciteitsnet op het land met behulp van een landkabel (fall-back scenario).

De parkbekabeling bestaat uit wisselstroom (AC) kabels met een XLPE (cross linked polyethyleen) coating. In een enkele kabel worden drie geleiders ondergebracht en is een telecommunicatiekabel geïntegreerd. Dit zijn gelijkaardige kabels als diegene die gebruikt worden door de eerder vergunde windparken.

## 13.2 Te verwachten effecten van het windpark

### 13.2.1 Opwarming van de directe omgeving van de kabel(s)

Tijdens het transport van elektriciteit door een kabel gaat een beperkte hoeveelheid energie verloren in de vorm van warmte. Dit zorgt voor een opwarming van de omgeving rond de kabel. De mate waarin dit gebeurt hangt af van de kabelkarakteristieken, omgevingsfactoren, de ingraafdiepte en de hoeveelheid stroom die getransporteerd wordt. Studies hieromtrent spreken van een temperatuurstijging van de zeebodem net boven de kabel van 0,19 (BERR, 2008) tot 3 °C (Grontmij, 2006).

Het staat vast dat verschillende soorten die in het sediment leven (benthos) gevoelig zijn aan de wijziging van de omgevingstemperatuur. Momenteel zijn er echter te weinig gegevens om het effect van een temperatuurswijziging op het benthos te evalueren (OSPAR, 2012). Door een gebrek aan eenduidige resultaten en aan relevante studies wordt het effect van opwarming van het sediment op het benthos momenteel beschouwd als een leemte in de kennis (OSPAR, 2012).



Door de kabels in te graven wordt er verwacht dat de opwarming van de zeebodem in de toplaag lokaal en gering zal zijn, en binnen de range van de door het Duits Federaal Agentschap voor Natuurbeheer gebruikte voorzorgsmaatregel (namelijk dat de temperatuurstijging op 20 cm diep in de zeebodem in offshore wateren beperkt moet blijven tot 2K (OSPAR, 2012)) zal blijven. Gezien de benthische fauna voornamelijk in die toplaag (bovenste 20 cm) leeft, worden er geen significant negatieve effecten verwacht op het benthos, het epibenthos en de demersale visfauna.

## 13.2.2 Elektromagnetische velden

### 13.2.2.1 Fysisch

De symmetrische constructie van de drie aders in de kabel leidt tot een sterke reductie van elektrische en magnetische velden doordat de afzonderlijke velden elkaar grotendeels opheffen door het faseverschil in de spanningen en de stromen waardoor de EMV grotendeels geneutraliseerd zijn ter hoogte van het kabeloppervlak (OSPAR, 2008; Gerdes *et al.*, 2005). Een verdere reductie van de elektromagnetische velden wordt bekomen door de kunststof afscherming van de geleiders en door de staalmantel rond de kabel. Dit type kabel wordt momenteel het meest toegepast bij de aansluiting van offshore windparken. Gill *et al.* (2005) toonden aan dat de afscherming van die kabels en het begraven ervan ervoor zorgt dat het E-veld niet meetbaar is buiten de kabel. Bijgevolg zijn enkel het B-veld en het iE-veld van belang voor deze beoordeling.

Een modelstudie van CMACS (2003) verwacht een B-veld van 1,6  $\mu\text{T}$  en een iE-veld van 0,91  $\mu\text{V}/\text{cm}$  aan de buitenkant van een drie-fasige 132 kV kabel, waardoor een stroom van 350 A loopt en die één meter is ingegraven.

In Nysted werd een B-veld van 5  $\mu\text{T}$  gemeten op 1 m afstand van een 132 kV kabel (Hvidt, 2004). Voor twee 135 kV kabels werden waarden gemeten van 0,23  $\mu\text{T}$  tot 6,5  $\mu\text{T}$  voor het B-veld en 0.3 tot 1.1  $\mu\text{V}/\text{cm}$  voor het iE-veld (Gill *et al.*, 2009).

In mei 2010 werden metingen uitgevoerd naar de magnetische velden boven één van de 150 kV kabels afkomstig van het windpark op de Thorntonbank. Op het moment van de metingen werd er ongeveer 6 MW opgewekt door de 6 turbines die er op dat moment stonden. De magnetische veldsterkte op één meter afstand van de kabel situeerde zich tussen 0,004  $\mu\text{T}$  en 0,034  $\mu\text{T}$ . Het geïnduceerde elektrische veld werd niet rechtstreeks gemeten, maar kan bij benadering berekend worden met volgende formule (CMACS, 2003):

$$\text{Electric Field (V/m)} \approx 2 * \pi * \text{Power frequency (e.g. 50 Hz)} * \text{Magnetic Flux Density (T)}$$

De geïnduceerde elektrische veldsterkte op één meter afstand van de kabel situeerde zich dus tussen 1,3  $\mu\text{V}/\text{m}$  en 10,7  $\mu\text{V}/\text{m}$  (data C-Power). Nu alle 54 windturbines operationeel zijn, wordt er tot 50 keer meer energie opgewekt (300 MW), die aan land wordt gebracht met twee hoogspanningskabels.

Belwind heeft in juni 2011 een meting gedaan van de magnetische velden boven de twee 150 kV kabels en dit t.h.v. het strand. Tijdens de metingen werd er per kabel tussen de 99 en 111 MW opgewekt. Vlak boven de kabels, die circa twee meter diep zitten, bedroeg het magnetisch veld tussen de 0,27 en 0,29  $\mu\text{T}$  (data Belwind). In augustus 2011 werden opnieuw metingen gedaan door Belwind t.h.v. het strand. Tijdens deze metingen was de stroomsterkte minimaal 540 A en maximaal 574 A. Wanneer de

meetresultaten worden omgerekend naar een maximale stroomsterkte van 712 A, dan bedraagt de magnetische veldsterkte tussen de 0,381 en 0,590  $\mu\text{T}$ .

De modelstudie van CMACS en de gemeten waarden in Nysted, maar ook door C-Power en Belwind doen vermoeden dat de verhoging van de EMV in de nabijheid van de kabel(s) erg beperkt is. Bovendien nemen de EMV snel af met de afstand tot de kabel (CMACS, 2003).

### 13.3.3.2 Op de fauna

Bepaalde organismen (oa. binnen de zeezoogdieren, vissen, weekdieren en schaaldieren) kunnen E-en/of B- velden waarnemen en gebruiken die voor oriëntatie, migratie en het opsporen van prooien (Poléo *et al.*, 2001; Gill *et al.*, 2005, OSPAR, 2008). Artificiële bronnen van EMV, zoals die opgewekt door kabels die gebruikt worden in de exploitatie van offshore windparken, kunnen deze organismen mogelijks storen. Resultaten van onderzoek in het windpark in het deense Nysted tonen aan dat de gebruikte kabel de migratie en het gedrag van vissen wijzigde (Klaustrup, 2006).

De grootste groep organismen waarvan gekend is dat ze E-velden kunnen waarnemen zijn de Chondrichtyes of kraakbeenvissen (haaien en roggen). Zij hebben zogenaamde *ampullae van Lorenzini*. Dit zijn receptoren waarmee ze erg zwakke spanningsgradiënten kunnen waarnemen (zie o.a. Murray, 1974; Zakon, 1986). Deze elektroreceptoren stellen kraakbeenvissen in staat om het E-veld van prooien waar te nemen en ze op te sporen. Ze spelen ook een rol bij de navigatie.

Naast de kraakbeenvissen zijn er ook verscheidene beenvissen die E-velden kunnen waarnemen. Dit werd oa. aangetoond bij Kabeljauw *Gadus morhua*, Pladijs *Pleuronectes platessa* en Atlantische zalm *Salmo salar* (Gill *et al.*, 2005).

Er is een grote variëteit aan soorten die het geomagnetische veld kunnen waarnemen. Dit werd aangetoond bij geleedpotigen, vissen en walvisachtigen (Kirshvink, 1997). Een aantal relevante soorten voor het Belgisch deel van de Noordzee die B-velden waarnemen zijn Bruinvis *Phocaena phocaena*, Witsnuitdolfijn *Lagenorhynchus albirostris*, Atlantische zalm, pladijs, alle kraakbeenvissen, alle kaakloze vissen en de Grijze garnaal *Crangon crangon* (Gill *et al.*, 2005). Veel van deze soorten gebruiken het geomagnetische veld voor hun oriëntatie en dus tijdens periodes van migratie. Het is dan ook niet uitgesloten dat de B-velden in de nabijheid van windparken deze soorten storen tijdens de migratie. Anderzijds migreren de meeste soorten in open water en niet in de nabijheid van de bodem.

Bochert & Zettler (2004) stelden een aantal benthische soorten van verschillende taxonomische groepen (o.a. Grijze garnaal, Mossel *Mytilus edulis*, Gewone zeester *Asterias rubens*, een isopode *Saduria entomon*, Bot *Platichthys flesus*) bloot aan een magnetisch veld van 2,7 tot 3,7  $\mu\text{T}$ . Geen van de soorten vertoonden een reactie op dit artificiële B-veld. Volgens deze studie heeft het B-veld van een submariene kabel geen invloed op de oriëntatie, beweging en fysiologie van de geteste benthische soorten.

Een mesocosmosexperiment, waarbij een AC-kabel werd geïnstalleerd, toonde aan dat Hondshaai *Scyliorhinus canicula* meer aanwezig was in de nabijheid van de kabel en dat de activiteit van de onderzochte individuen lager lag. Stekelrog *Raja clavata* vertoonde een verhoogde activiteit in de nabijheid van de kabel (Gill *et al.*, 2009). Beide benthische soorten komen voor in de Belgische zeegebieden. Zowel Hondshaai als Stekelrog bleken tijdens een monitoring in het onderzoeksgebied van een windpark in normale aantallen te verblijven (NIRAS, 2009). De respons van kraakbeenvissen

op EMV van eenzelfde intensiteit als diegene die door de AC kabels van het windpark wordt opgewekt is soortspecifiek en verschilt tussen individuen (Gill *et al.*, 2009).

Het is aangetoond dat het begraven van een kabel geen invloed heeft op de sterkte van het B-veld. Toch is het ingraven van kabels van groot belang om de blootstelling van de gevoelige soorten aan EMV, die het sterkst zijn aan het oppervlak van de kabel, te verminderen doordat er een fysieke barrière wordt gecreëerd (CMACS, 2003).

Er kan geconcludeerd worden dat EMV geassocieerd met de kabels van windparken waargenomen worden door verschillende soorten en dat die een reactie veroorzaken. Het is momenteel echter onzeker wat de significantie is van deze respons, zowel op individueel als op populatie niveau (Tasker *et al.*, 2010).

De opwarming van de toplaag van de zeebodem zal zeer gering of onbestaand zijn aangezien de kabels van het windpark ingegraven worden. Gezien de benthische fauna voornamelijk in die toplaag (bovenste 20 cm) leeft, worden er geen significant negatieve effecten verwacht op het benthos, het epibenthos en de demersale visfauna.

### *13.3 Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject*

De kabels tussen de WEC-units en de ingegraven lijnstreng hangen vrij in de waterkolom bij de Poseidon, Weptos, FlanSea en Lifesaver. Bij de Wavestar en de Seabased zijn de kabels begraven in de zeebodem. Ook voor deze kabels zullen wisselstroom 50 Hz gebruikt worden (IMDC, 2014a).

De effecten van de bekabeling van de WEC's zullen vermoedelijk gelijkaardig zijn aan die van de bekabeling van een wind turbine, zeker indien n. Indien er daarentegen voor een type wordt gekozen waarbij de kabels wel vrij in de waterkolom hangen dan zijn de te verwachten effecten vermoedelijk verwaarloosbaar, gezien het beperkte vermogen van de installaties en het feit dat de sterkte van de EMV in zee zeer snel daalt met de afstand tot de bron (Slater *et al.*, 2010).

### *13.4 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten*

De door een enkele kabel veroorzaakte verhoging van de EMV is gering en zeer lokaal. Aangezien de kabels hoofdzakelijk op minimum 50 meter afstand van elkaar verwijderd zijn en aangezien de EMV snel afnemen met toenemende afstand tot de kabel (CMACS, 2003) valt het niet te verwachten dat de cumulatieve effecten van de parallelle kabels significant zullen zijn. De cumulatieve effecten van verschillende parkkabels in hetzelfde windpark, van kabels van verschillende nabijgelegen parken en van parkkabels en de bekabeling van WEC's zijn momenteel echter onvoldoende goed in te schatten. Het is echter niet uitgesloten dat de som van de effecten van verschillende kabels wel een significant effect hebben (Gill *et al.*, 2005). Grensoverschrijdende effecten worden niet verwacht.

### *13.5 Besluit*

#### *13.5.1 Aanvaardbaarheid*

Door de configuratie van drie aders in één kabel zullen de elektromagnetische velden van de Mermaid kabels elkaar grotendeels opheffen. In combinatie met de afscherming van de kabels en het ingraven ervan wordt verwacht dat er slechts verwaarloosbare EMV uitwendig waarneembaar zullen zijn. Dit

werd bevestigd door de recente metingen van C-Power en Belwind. Bijgevolg oordeelt de BMM dat er geen significant negatieve effecten te verwachten vallen op de aanwezige fauna. Het project is aanvaardbaar voor wat betreft EMV voor de verschillende opties, mits het strikt naleven onderstaande voorwaarden.

Het is mogelijk dat er een geringe temperatuursverhoging van de zeebodem zal optreden in de nabijheid van de elektriciteitskabels. Dit effect wordt echter als verwaarloosbaar en bijgevolg aanvaardbaar ingeschat.

Dit advies is echter enkel van toepassing voor AC kabels. Als in de toekomst gebruik dient te worden gemaakt van gelijkstroom (DC) dan zal daar een nieuwe beoordeling van moeten worden gemaakt. DC kabels produceren immers grotere EMV dan AC kabels en hebben dus mogelijks grotere effecten op de mariene fauna (OSPAR, 2008).

## 13.5.2 Voorwaarden en Aanbevelingen

### 13.5.2.1 Voorwaarden

- De ingraafdiepte van de kabels wordt door de bevoegde instanties bepaald. Voor milieueffecten moeten alle kabels (hoogspannings- en parkkabels) tenminste 1 m diep ingegraven worden.
- De bedekking van de kabels moet steeds verzekerd worden en moet gemonitord worden zoals voorzien in het monitoringsplan. Indien de monitoring uitwijst dat de kabel niet meer op de minimale begravingsdiepte ligt, dienen binnen de kortst mogelijke termijn en met een maximum van drie maanden de nodige werken te worden uitgevoerd opdat de kabel terug op haar oorspronkelijke diepte wordt geplaatst of voldoende afgedekt wordt.

### 13.5.2.2 Aanbevelingen

De BMM beveelt aan zowel het aantal kabels als de totale afstand aan kabels tot een minimum te beperken.

## 13.6 Monitoring

Gezien de beperkte verhoging van de EMV van de parkkabels en verbindingskabels van de bestaande parken en de geringe effecten op de fauna dient er verder geen monitoring worden gedaan voor dit onderdeel.

## 13.7 Evaluatie WEC pilootproject

Indien er in het WEC pilootproject types gebruikt worden waarbij de kabel vrij in de waterkolom hangt dan moeten de EMV in de nabijheid van die kabel(s) gemeten worden door de vergunningshouder. De doelstellingen en methodiek van deze meting moet voorafgaandelijk aan de BMM voorgelegd worden ter goedkeuring.

Van de studie zal een rapport worden opgesteld dat naast de doelstellingen en de methodiek de verwerkte gegevens voorstelt en bespreekt. Dit rapport wordt uiterlijk 2 maanden na het aflopen van het jaar van de meting bij de BMM ingediend en zal door de onderzoekers aan de medewerkers van de BMM op een vergadering voorgesteld worden. Met het rapport worden ook de metingen in

elektronische vorm ter beschikking gesteld van de BMM. Van de onderzoekers wordt een actieve deelname verwacht aan eventuele workshops ingericht over de monitoring van de energieparks op het BDNZ, ingericht door de BMM.

Tijdens de monitoring zullen eerste opmerkelijke bevindingen of waarnemingen ad hoc meegedeeld worden aan de BMM



## 14. Interactie met andere menselijke activiteiten

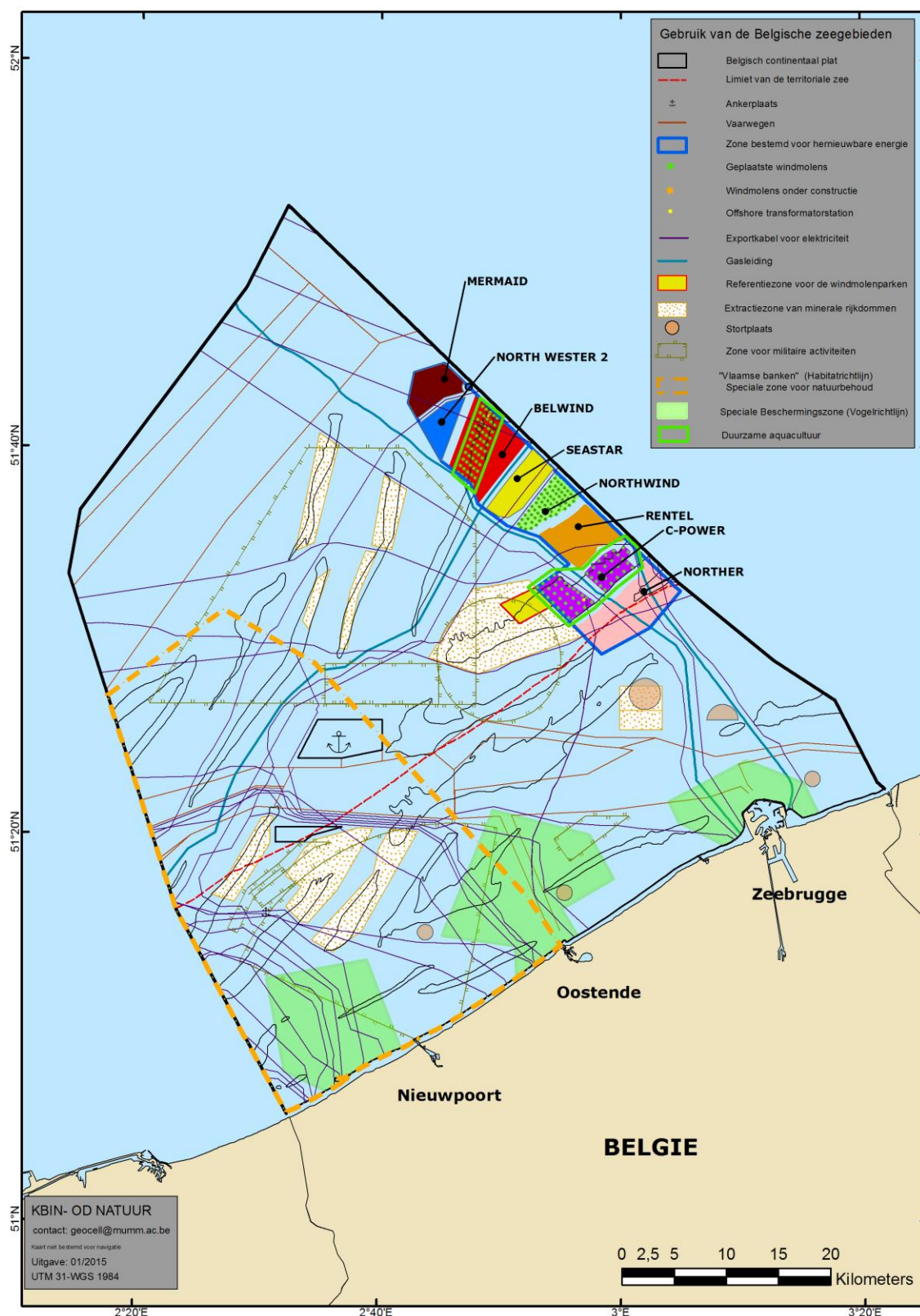
- Door technieken toe te passen bij het heien die het niveau van het onderwatergeluid beperken, worden eventuele negatieve effecten van de constructie van het energiepark op de visserij grotendeels vermeden.
- Ook indien er gravitaire funderingen gebruikt worden of de suction bucket techniek gebruikt wordt om monopile en jacket funderingen te installeren, dan zijn de vermoedelijke effecten van de constructie van het energiepark op de visserij verwaarloosbaar.
- De effecten van de exploitatie en de ontmanteling van het energiepark op de visserij zijn voor alle scenario's verwaarloosbaar gezien het huidige beperkte gebruik van het concessiegebied door de visserij.
- De exploitatie van het energiepark creëert extra mogelijkheden voor wetenschappelijk onderzoek in het gebied en dit vooral indien het pilootproject voor WEC's gerealiseerd wordt.
- De invloed van het voorgestelde energiepark op maricultuur, luchtvaart, baggeren en storten van baggerspecie, militair gebruik, kabels en pijpleidingen zijn nihil of verwaarloosbaar.
- Realisatie van het energiepark zal een effect hebben op de scheepvaart dat dit wordt besproken in het hoofdstuk Veiligheid en risico.
- De invloed van het parkeffect van het voorgestelde energiepark op andere bestaande en geplande windparken is onvermijdbaar, maar aanvaardbaar wegens ondergeschikt aan de interne parkeffecten van deze projecten.
- De Mermaid verbindingkabels kruisen de Franpipe en Interconnector aardgasleidingen, de TAT-14 en SeaMeWE3 telecommunicatiekabels en de niet actieve Rioja telecommunicatiekabel: de nodige maatregelen dienen genomen te worden om schade aan deze reeds aanwezige structuren te vermijden;
- De invloed van de verbindingkabels op visserij, maricultuur, luchtvaart, zand- en grindontginning, baggeren en storten van baggerspecie, militair gebruik, toerisme en wetenschappelijk onderzoek is nihil of verwaarloosbaar;
- Het Mermaid project is voor wat betreft de interactie met andere menselijke activiteiten aanvaardbaar, mits het strikt naleven van een aantal voorwaarden.
- Wat betreft de te gebruiken technieken is er een voorkeur voor installatie van monopile of jacket funderingen met behulp van de suction bucket techniek aangezien deze bij installatie slechts een beperkte mogelijke verstoring zal veroorzaken m.b.t. visserij en in tegenstelling tot gravitaire funderingen niet vereist dat er grote hoeveelheden extra zand gewonnen wordt in de bestaande concessiezones.

### 14.1 Inleiding

In de Belgische zeegebieden zijn verschillende gebruikers actief. Deze omvatten visserij, scheepvaart, luchtvaart, zand- en grindwinning, baggeren en storten van baggerspecie, windenergie, militair gebruik, gaspijpleidingen, telecommunicatie- en elektriciteitskabels, toerisme en recreatie, wetenschappelijk onderzoek. Het Marien Ruimtelijk Plan bepaalt voor een deel van deze activiteiten de zones bv. de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden terwijl andere activiteiten bv. visserij en toerisme en recreatie in vrijwel het volledig gebied beoefend kunnen worden (zie Figuur 14.1). Het concessiegebied van Mermaid bevindt zich binnen de zone voorbehouden voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden (KB 17/05/2004, gewijzigd bij KB van 28/09/2008 en 03/02/2011 en het KB tot vaststelling van het Marien Ruimtelijk Plan). De afbakening van deze zone geeft aan dat deze productie van elektriciteit uit water, stromen of winden voorrang

geniet op andere activiteiten die kunnen plaatsvinden in het gebied. Hieronder wordt een inschatting gemaakt van de invloed van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het voorgestelde Mermaid energiepark en de verbindingsskabels op andere menselijke activiteiten in het Belgisch deel van de Noordzee (BDNZ). Waar nodig zal er een onderscheid gemaakt worden tussen de verschillende configuraties.





Figuur 14.1: Situering van het Mermaid concessiegebied en de verbindingkabels in de Belgische zeegebieden in verhouding tot andere gebruikers van de zone.

## 14.2 Te verwachten effecten windpark en WEC pilootproject

### 14.2.1 Visserij

Voor een beschrijving van de huidige toestand van de visserij in het BDNZ en meer specifiek in het projectgebied wordt verwezen naar het MER (IMDC, 2014a). In het kort kan men stellen dat het BDNZ voor de Belgische zeevisserij eerder van gering socio-economisch belang is (Adriansens, 2009; Tessens en Velghe, 2010; 2011, 2012).

#### *Effecten tijdens de constructiefase*

Tijdens de constructiefase kan er naast het verlies van visgronden (in casu het Mermaid concessiegebied) ook een effect zijn van de werkzaamheden. In het geval er voor het heien van monopile of jacket funderingen gekozen wordt, moeten mitigerende maatregelen genomen worden om te vermijden dat de tijdelijke toename van het onderwatergeluidsniveau een verstoring van de vispopulatie een of zelfs een verhoogde vislarvensterfte veroorzaakt (Bolle *et al.*, 2011). Indien er gebruik gemaakt wordt van gravitaire funderingen of de suction bucket techniek, dan kan men een lokale stijging van de turbiditeit verwachten. Echter, gezien de beperkte ruimtelijke omvang en beperkte tijdsduur van deze verhoogde turbiditeit wordt geen achteruitgang van het benthos (en bijgevolg ook hogerop de voedselketen) verwacht buiten het concessiegebied. Gezien de beperkte volumes sediment die moeten verplaatst worden, wordt verwacht dat het effect op de vispopulatie binnen het concessiegebied het geringst is bij het gebruik van de suction bucket techniek. De effecten op de vispopulatie, het benthos en onderwatergeluid en mogelijke mitigerende maatregelen hiervoor werden reeds in detail besproken in de Hoofdstukken 6, 7 en 10.

#### *Effecten tijdens de exploitatiefase*

Het belangrijkste effect tijdens de exploitatiefase betreft het verlies van visgronden gedurende een periode van minstens 20 jaar. Het koninklijk besluit tot instelling van een veiligheidszone rond de kunstmatige eilanden, installaties en inrichtingen voor de opwekking van energie uit het water, de stromen en de winden in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid van 11 april 2012 (hierna: KB Veiligheidszone) stelt dat vanaf de exploitatiefase een veiligheidszone van vijfhonderd meter wordt ingesteld gemeten vanaf de buitengrens van de domeinconcessie. Dit verlies aan visgronden zou kunnen leiden tot inkomstenverlies en werkloosheid, maar dit is onwaarschijnlijk gezien het relatief beperkte belang van het concessiegebied voor de visserij en kan mogelijks deels gecompenseerd worden door het 'spill-over effect' van het voor visserij afgesloten gebied. Binnen de concessie kan men veranderingen in de visfauna verwachten ten gevolge van de installatie van de turbines en het 'reef-effect' enerzijds en het uitsluiten van de boomkorvisserij anderzijds (zie bv. Reubens *et al.*, 2010; 2011a en b, 2013, Lindeboom 2011, Vandendriessche *et al.*, 2011b, 2012). Een lokale toename in het visbestand kan leiden tot een toename in visserijdruk aan de rand van de concessiegebieden.

#### *Effecten tijdens de ontmantelingsfase*

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen, wat betreft verstoring en resuspensie van fijne sedimenten, vermoedelijk gelijkaardig zijn aan deze tijdens de constructiefase. Bij het niet verwijderen van kabels na buiten gebruik name bestaat de kans dat deze kabels na verloop van tijd bloot komen te liggen en verstrikt geraken met vistuig. Dit dient te allen tijde vermeden te worden door alle kabels die definitief buiten gebruik worden gesteld te verwijderen.

### 14.2.2 Mariene aquacultuur

De huidige van kracht zijnde versie van het marien ruimtelijk plan (KB van 20/3/2104) voorziet geen overlap tussen de Mermaid concessiezone en de zone bestemd voor geïntegreerde mariene aquacultuur. De mogelijkheid bestaat dat, na afronding van de werkzaamheden in de Mermaid concessie, een toekomstige versie van het marien ruimtelijk plan wel geïntegreerde mariene aquacultuur voorziet in het concessiegebied. In dat geval dient nagegaan te worden in hoeverre deze activiteit verenigbaar is met het voorziene gebruik van golfenergieomvormers in de zone.

### 14.2.3 Scheep- en Luchtvaart

Het spreekt voor zich dat de constructie en exploitatie van een offshore energiepark in dit gebied een uitgesproken effect zal hebben op de scheepvaart (Marin, 2014). Eventuele risico's die hierdoor ontstaan worden in detail besproken in hoofdstuk 8.

De verlichting van de turbines en het Offshore Transformator Station (OTS) zullen de voorwaarden volgen zoals opgegeven door de bevoegde instanties. Deze dienen te voldoen aan de internationaal bestaande richtlijnen zoals IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities - scheepvaart) en ICAO (International Civil Aviation Organization - luchtvaart) en de Belgische richtlijnen betreffende de bebakening van hindernissen zoals beschreven in de circulaire CIR-GDF03 van 12/06/06 (FOD Mobiliteit en Vervoer). Indien aan bovenstaande richtlijnen wordt voldaan dan wordt er geen effect verwacht op de luchtvaart.

Voor de WEC's bestaan geen nationale richtlijnen. IALA geeft wel richtlijnen voor WEC's en deze zijn afhankelijk van het type WEC dat zal geïnstalleerd worden. Een op het zeeoppervlakte drijvende WEC vraagt andere bebakening dan een vaste structuur of een onderwaterstructuur. Een geïsoleerde WEC vereist een andere bebakening dan een groep van WEC's enz... Voor de bebakening van de WEC's zal met de bevoegde instanties overlegd dienen te worden opdat de veiligheid van de scheepvaart voldoende kan gegarandeerd worden in de omgeving van het energiepark.

Het windpark zal, mede gelet op de meest noordelijke ligging en de nabijheid van het drukke verkeersscheidingsstelsel "Noordhinder Zuid", voorzien worden van een 'Automatic Identification System' (AIS) dat een signaal uitzendt naar alle zeeverkeer. Het signaal bevat de grenzen van het park en andere relevante details.

De goede verlichting en signalisatie van het energiepark is van groot belang voor de veiligheid van de scheepvaart en luchtvaart in nabijheid van het park. Er wordt daarom door de overheid regelmatige controle uitgevoerd op de goede werking van de verlichting en signalisaties bij slechte weersomstandigheden en 's nachts. Indien er zich een defect voordoet met de verlichting dan blijft er verplicht een wachtschip (guard vessel) ter plekke tot het probleem opgelost is.

### 14.2.4 Zand- en Grindontginning

De huidige situatie van zand- en grindwinning in het BDNZ wordt besproken in het MER (IMDC, 2014a). Mariene aggregaatextractie op het BDNZ vindt plaats in vier concessiezones (Figuur 14.1). De hoeveelheden zand die jaarlijks werden ontgonnen zijn sterk toegenomen, van ~1.500.000 in 2002 tot ~4.000.000 in 2013. In de nabije toekomst wordt verwacht dat deze hoeveelheden verder zullen toenemen ten gevolge van de realisatie van het Masterplan Kustveiligheid. Voorlopige schattingen geven hierbij aan dat voor de periode 2010-2015 ca. 14 miljoen m<sup>3</sup> nodig zal zijn.

Gezien de afstand tussen de concessiezones voor zand- en grindontginning in het BDNZ en het Mermaid concessiegebied wordt niet verwacht dat de exploitatie van het windpark en de zand- en grindwinning een negatief effect zullen hebben op elkaar. Er wordt ook geen invloed verwacht van het windpark op de activiteiten in de Nederlandse zand- en grindwinningsgebieden. Wel is het zo, dat er tijdens de constructiefase van het Mermaid project extra zand gewonnen moeten worden in de bestaande concessiegebieden voor zand- en grindwinning indien er gekozen wordt voor gravitaire funderingen.

Het tracé van de Mermaid verbindingkabels vertoont geen overlap met de zones afgebakend voor zand- en grindontginning (Figuur 14.1). Het tracé voor de exportkabels naar land (optie C) loopt daarentegen wel aan de oostelijke rand van de 1a ontginningszone. Momenteel vindt in deze zone echter weinig extractie plaats. Onafhankelijk van het gekozen tracé, worden er bijgevolg geen conflicten verwacht tussen de installatie, exploitatie en ontmanteling van de kabels enerzijds en de zand- en grindontginningsactiviteiten op het BDNZ. Het is wel zo, dat er tijdens de constructiefase mogelijks extra zand gewonnen moet worden in de bestaande concessiegebieden met name indien de gleuven voor de kabels niet voldoende snel gevuld raken door natuurlijke sedimentatie.

#### 14.2.5 Baggeren en storten van baggerspecie

Om havens toegankelijk te houden voor de scheepvaart, moeten de vaargeulen onderhouden worden en dient langs de Belgische kust en in het Schelde-estuarium gebaggerd te worden. De bevoegde diensten van de Vlaamse Gemeenschap dragen de verantwoordelijkheid voor de baggerwerkzaamheden in de Belgische kusthavens en vaarwegen (volgens de wet van 8 augustus 1988). De BMM is de bevoegde overheid voor stortvergunningen in zee en geeft de toelating tot het storten van baggerspecie in de maritieme zone die onder de jurisdictie van België valt. Afhankelijk van de herkomst van de baggerspecie wordt een specifieke stortzone toegewezen. Ook de maximaal toegelaten storthoeveelheid is vastgelegd. Er wordt geen effect verwacht van het Mermaid kabel project op de andere bagger- en stortactiviteiten in het BDNZ gezien de grote afstand van de stortplaatsen en de baggerplaatsen tot het tracé van de verbindingkabels (Figuur 14.1). Voor de installatie van de (gravitaire) funderingen en de kabel(s) zal tijdens de voorbereidingswerken mogelijks een hoeveelheid zand moeten worden gebaggerd bij de nivellering van de bodem of bij het verwijderen van een dunne zandige toplaag. Dit materiaal zal moeten gestort worden op de door de bevoegde overheid aangeduide stortplaats. Er wordt echter niet verwacht dat dit een onaanvaardbaar effect zal hebben op de andere baggerwerkzaamheden.

#### 14.2.6 Windenergie

In de zone voorbehouden voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden zijn reeds drie windparken aanwezig: C-Power nv op de Thorntonbank (volledig windpark operationeel), Belwind nv op de Bligh Bank (fase 1 en Alstom demo project operationeel) en Northwind nv op de Lodewijkbank (volledig operationeel). Drie andere windparken, het Norther windpark ten zuidoosten van de Thorntonbank, het Rentel windpark ten zuidoosten van de Lodewijkbank en het Seastar windpark ten noordwesten van de Lodewijkbank hebben een milieuvergunning bekomen. Meer informatie over de ontwikkeling van offshore windparken in het BDNZ kan teruggevonden worden in Brabant *et al.*, (2012b, 2013). De huidige aanvraag betreft het zevende windpark en de aansluiting van de verbindingkabels voor elektriciteit van dit windpark naar het geplande Elia Alpha platform. De

constructie van het Norther , Rentel en Seastar windpark zal pas in 2016-2017 van start gaan en kan mogelijks overlappen met werkzaamheden van Mermaid. Hier worden de effecten van het Mermaid windpark op andere, reeds vergunde of geplande parken beschouwd.

Omwille van de Belgische selectiecriteria voor het verkrijgen van een domeinconcessie voor offshore windparken ligt de energiedichtheid in België aanzienlijk hoger dan in de offshore windparken van de andere Europese landen (Mathys *et al.*, 2009). Het concessiegebied van het Mermaid energiepark bevindt zich op minimaal 1 km afstand van het Northwester 2 windpark. Hoe kleiner de onderlinge afstand tussen de windparken hoe groter het negatief effect op het rendement van de dichtbijzijnde turbines van Northwester 2 omwille van de zogeheten park- of zogeeffecten. Echter, dit parkeffect is nooit helemaal te vermijden tenzij windturbines op afstanden van minimaal 15 x de rotordiameter van elkaar worden geplaatst hetgeen, naast een enorme nood aan ruimte, de kosten bv. voor de kabels de hoogte zou injagen. Anderzijds is het zo dat de windparken niet in de hoofdwindrichting achter elkaar gelegen zijn. De overheersende windrichtingen zijn ZW en NNO, waardoor het negatief effect van het ene windpark op het andere beperkt is. Er worden geen effecten verwacht op de andere Belgische offshore windparken gezien de ruime afstand van het Mermaid windpark tot andere toegekende concessies. Er wordt bijgevolg niet verwacht dat de aanleg en exploitatie van dit windpark een onaanvaardbaar effect zal hebben op de andere windparken in de zone.

#### 14.2.7 Militair gebruik

Het concessiegebied van Mermaid en het tracé van de verbindingkabels vertoont geen overlap met de zones afgebakend voor militaire activiteiten (Figuur 14.1). Er worden bijgevolg geen conflicten verwacht tussen de aanleg, exploitatie en ontmanteling van het Mermaid project enerzijds en de militaire activiteiten op het BDNZ.

#### 14.2.8 Gaspijpleidingen, Telecommunicatie- en Elektriciteitskabels

In optie A en B kruisen de vooropgestelde kabeltracés naar de Alpha-installatie op de Lodewijkbank achtereenvolgens vanuit het Mermaid windpark tot aan de Alpha-installatie:

- de operationele TAT 14 telecommunicatiekabel (enkel vanuit Mermaid)
- de Interconnector gasleiding
- de Franpipe gasleiding
- de niet-operationele Rioja 3 telecommunicatiekabel
- de operationele SEA-ME WE3 seg. 10.4 telecommunicatiekabel

Er wordt evenwel voorzien dat de nodige technische en operationele maatregelen worden getroffen om beschadiging aan deze kabels of aardgaspijpleidingen te voorkomen.

Voor de kruisingen met de gaspijpleidingen dient de vergunninghouder een 'proximity agreement' afsluiten met de eigenaars/exploitanten (KB 12/03/2002). Indien de noodzakelijke voorzorgsmaatregelen genomen worden om schade aan de bestaande structuren te vermijden dan worden er geen significante effecten verwacht van het project op deze bestaande aardgasleiding. Gezien de afstand tot het tracé van de Mermaid verbindingkabels worden er geen effecten verwacht op de andere gaspijpleidingen, telecommunicatie- en elektriciteitskabels aanwezig in de Belgische zeegebieden.

De beoordeling van de exportkabel naar de kust gebeurde reeds in het kader van het BOG ELIA project.

### 14.2.9 Toerisme en Recreatie

Het valt niet te verwachten dat het beperkt aantal schepen betrokken bij de constructie van het windpark tijdens de korte periode van werken t.h.v. het strand een significante hinder zal betekenen voor de recreatieve vaart. Deze vaartuigen zullen wel de veiligheidszone moeten respecteren. Gezien de tijdelijke aard van deze verstoring ter hoogte van de kust (vermoedelijk minder dan twee maanden) en de ruimtelijk zeer beperkte omvang wordt dit negatief effect als aanvaardbaar beschouwd. Tijdens de exploitatiefase wordt het concessiegebied afgesloten voor de pleziervaart. Verder worden er geen effecten verwacht op het toerisme en de recreatie gezien de geringe activiteiten die zullen plaatsvinden. De effecten tijdens de ontmantelingsfase zijn vermoedelijk gelijkaardig aan deze tijdens de installatie.

De mogelijke effecten van het project op het zeezicht worden apart besproken in het hoofdstuk Zeezicht.

### 14.2.10 Wetenschappelijk Onderzoek

Ondanks een beperkte kustlijn en de geringe omvang van de Belgische mariene wateren zijn er vandaag in België meer dan 1000 wetenschappers actief in de mariene wetenschappen. Met de Belgica en de Simon Stevin beschikt België over oceanografische onderzoeksschepen die de wetenschappers in staat stellen om kwalitatief hoogstaand onderzoek uit te voeren. Dit heeft tot gevolg dat het BDNZ één van de meest intensief bestudeerde mariene gebieden ter wereld is.

Eenzijds worden de milieueffecten van deze parken gemonitord (deels door de exploitant, deels door de overheid). Anderzijds dienen de concessiehouders een aantal paramaters te meten in hun park en deze over te maken aan de overheid. Al deze gegevens worden opgenomen en verspreid, al dan niet na een embargo-periode, via het Belgian Marine Data Centre (<http://www.mummm.ac.be/datacentre/>) en via openbare jaarlijkse monitoringsverslagen. Tot slot bestaat er de mogelijkheid tot gemeenschappelijk onderzoek tussen de offshore windindustrie en Belgische Universiteiten of andere wetenschappelijke instellingen. De aanwezigheid van een pilootproject met WEC's zal zeker bijdragen tot de wetenschappelijke interesse van bovenvermelde partijen.

De vergunningshouder dient, mits goedkeuring door het Begeleidingscomité en naleving van veiligheidsvoorwaarden die door het Begeleidingscomité worden voorgesteld, wetenschappelijk onderzoek kosteloos toe te laten binnen de concessiezone. De BMM behoudt het recht om monitoring en wetenschappelijk onderzoek uit te voeren binnen het concessiegebied en op de structuren, op voorwaarde dat de veiligheid wordt gerespecteerd en dat de houder hiervan voorafgaandelijk in kennis is gebracht.

Op basis van bovenstaande argumenten kan men stellen dat de aanwezigheid van een offshore windpark met een pilootproject met WEC's een aantal opportuniteiten biedt voor wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen, maar dat er ook een aantal beperkingen zijn bv. tijdens de constructiefase.

### *14.3 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten*

Er zijn vrijwel geen effecten te verwachten van de constructie en exploitatie van het energiepark Mermaid op andere menselijke activiteiten in Nederlandse, Britse of Franse deel van de Noordzee met uitzondering van de invloed op de scheepvaart (zie Hoofdstuk 7) en windenergie in het Borssele gebied. Zowel de Nederlandse als Belgische concessiehouders moeten rekening houden met een minimum veiligheidsafstand van 500 meter rond het windpark. Dit zal resulteren in een minimum afstand van 1 km tussen de Belgische en Nederlandse parken. Dit laat een optimaal gebruik van de zones toe zonder dat er effecten verwacht kunnen worden die de werking van de turbines in het gedrang brengen (bv. verhoging turbulentie). Echter, aangezien de overheersende windrichting ZW is, zouden de toekomstige Nederlandse parken rekening moeten houden met het negatief effect op het rendement (parkeffect) dat de dichtstbijzijnde turbines zullen ondervinden. De invloed van dit parkeffect van het voorgestelde energiepark is onvermijdbaar en ondergeschikt aan de interne parkeffecten van deze projecten (zie hierboven).

### *14.4 Besluit*

#### 14.4.1 Aanvaardbaarheid

De verwachte effecten van de constructie en exploitatie van het energiepark Mermaid, inclusief een pilootproject met WEC's, op andere menselijke activiteiten situeren zich hoofdzakelijk binnen de zone voorbehouden voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden (KB 17/05/2004, gewijzigd bij KB 03/02/2011). Aangezien we kunnen aannemen dat deze productie van elektriciteit uit water, stromen of winden voorrang geniet op andere activiteiten die kunnen plaatsvinden binnen deze zone zijn de risico's op effecten van de constructie en exploitatie van het windpark Mermaid aanvaardbaar mits het naleven van de onderstaande voorwaarden, tenminste voor wat betreft de andere menselijke activiteiten op het BDNZ. Ook de te verwachten effecten van de installatie, exploitatie en ontmanteling van de nodige kabels op andere menselijke activiteiten op het BDNZ zijn aanvaardbaar voor alle beschreven opties.

#### 14.4.2 Voorwaarden en aanbevelingen

##### 14.4.2.1 Voorwaarden s

De verlichting van de turbines en WEC'S ten behoeve van de scheep- en luchtvaart zullen de voorwaarden volgen zoals opgegeven door de bevoegde instanties. Deze dienen te voldoen aan de internationaal bestaande richtlijnen zoals IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities - scheepvaart) en ICAO (International Civil Aviation Organization - luchtvaart) en de Belgische richtlijnen betreffende de bebakening van hindernissen zoals beschreven in de circulaire CIR-GDF03 van 12/06/06 (FOD Mobiliteit en Vervoer). Problemen aan de verlichting worden onverwijld gemeld aan de BMM en de Nautische Dienstchef scheepvaartbegeleiding en dienen zo snel mogelijk in orde gebracht te worden.

Er moeten misthoorns, die automatisch in werking treden bij een meteorologische zichtbaarheid van minder dan 2 zeemijl, geplaatst worden op de hoekturbines.

De vergunningsaanvrager dient, mits goedkeuring door het Begeleidingscomité en naleving van veiligheidsvoorwaarden die door het Begeleidingscomité worden voorgesteld, wetenschappelijk

onderzoek kosteloos toe te laten binnen de concessiezone. De BMM behoudt het recht om monitoring en wetenschappelijk onderzoek uit te voeren binnen het concessiegebied en op de structuren, op voorwaarde dat de veiligheid wordt gerespecteerd en dat de vergunningshouder hiervan voorafgaandelijk in kennis is gebracht.

#### 14.4.2.2 Aanbevelingen

De BMM vraagt aan de vergunningsaanvrager om te streven naar een optimaal gebruik van de zone, waarbij naast een maximale energieopbrengst ook andere gebruiksfuncties in overweging genomen worden.

### *14.5 Monitoring*

Er wordt geen monitoring gevraagd voor dit onderdeel.

### *14.6 Evaluatie WEC pilootproject*

Er wordt geen evaluatie van het WEC pilootproject gevraagd voor dit onderdeel.



## 15. Zeezicht

- De turbines voorzien in het Mermaid project komen op circa 50 km van de Belgische kust en zullen tot maximaal 220 m hoog boven zeespiegel komen;
- Voor een waarnemer aan de kust zal het grootste deel van de turbines van het Mermaid project achter de horizon verdwijnen;
- Het zicht bedraagt jaarlijks maar in 10% van de tijd meer dan 20 km en slechts in 1% van de tijd meer dan 30 km. Verder zullen mist, heigheid, neerslag, andere atmosferische condities en de aanwezigheid van de meer nabijgelegen turbines van de voorliggende projecten de zichtbaarheid van de Mermaid turbines verder verminderen;
- De verlichting zal mede door de hoek waaronder ze schijnen, de afstand tot de kust en de hoogte van de waarnemer (meestal < 10m), slechts in zeldzame gevallen zichtbaar zijn;
- De cumulatieve zichthoek van de hele windzone blijft onder de in het verleden vooropgestelde 36° voor Blankenberge (BE) en Westkapelle (NL), de kustgemeenten met de grootste zichthoeken;
- De WEC's gaan door hun beperkte hoogte niet zichtbaar zijn vanaf de kust. Op zee zullen de point absorbers en de drijvende multiple point absorbers het minste zichtbaar zijn. De Wavestar (multiple point absorber op vier monopiles) zal vanop zee beperkt zichtbaar zijn.
- Het Mermaid project is voor wat betreft de effecten op zeezicht aanvaardbaar voor zowel de originele concessie als de mogelijke uitbreidingen, mits het naleven van een aantal voorwaarden.

### 15.1 Inleiding

#### 15.1.1 Definitie zeezicht en autonome ontwikkeling

Onder zeezicht wordt verstaan 'het kustlandschap en aangrenzende open wateren, inclusief zicht op zee, zicht op de kustlijn vanaf de zee' (DTI, 2005). Bij het bepalen van de invloed van het Mermaid project op het zeezicht dient rekening gehouden te worden zowel met de reeds gebouwde windturbines als met de andere, reeds vergunde projecten die het zeezicht zullen beïnvloeden. Zo zijn er op het ogenblik van schrijven 54 windturbines (5 en 6,15 MW, hoogte ~155 m) van het C-Power project op de Thorntonbank volledig gebouwd. Van het Belwind project dat ten noordwesten van het Mermaid project ligt, is de eerste fase gefinaliseerd en zijn 56 windturbines (55: 3 MW, hoogte ~100 m, 1: 6 MW, hoogte ~110 m) geplaatst. Van het Northwind project zijn sinds de zomer van 2014 72 windturbines (3 MW, ~100 m) actief zijn. De projecten Norther, Rentel en Seastar zijn nog in de planningsfase, maar werden reeds vergund. Het Norther project bevindt zich in de zone die zich het dichtst bij land bevindt en voorziet 47-100 turbines van 3 tot 10 MW. Het Rentel project voorziet 47-78 windturbines die variëren van 4 MW (158m) tot 10 MW (178m) en de 41-62 windturbines van Seastar variëren eveneens van 4MW tot 10 MW.

Voor onderliggende aanvraag van Mermaid wordt een overzicht van de verschillende mogelijke configuraties in tabel 15.1 gegeven. Het project omvat eveneens het leggen van een aantal golfenergieconvectoren (WEC's), waarvan in het MER (IMDC, 2014a) zes sterk uiteenlopende mogelijke types geïdentificeerd worden, en de verbindingskabels voor elektriciteit van het Mermaid projectgebied naar het geplande ELIA Alpha platform en als alternatief rechtstreeks naar de kust.

De reeds geïnstalleerde windturbines zijn nu reeds bij zonnige, niet heilige weersomstandigheden goed zichtbaar vanuit Zeebrugge en Blankenberge.

Tabel 15.1 Overzicht van de verschillende mogelijke configuraties voor het Mermaid project met verwachte afmetingen van de turbines

Configuratie	Aantal turbines	Rotor diameter	Individueel vermogen	Naafhoogte (boven LAT)	Hoogste rotorpunt	Laagste rotorpunt
<b>Basisconfiguratie</b>	38	150 m	6 MW	100 m	175 m	25 m
<b>Configuratie 1</b>	80	112 m	3,3 MW	84 m	140 m	28 m
<b>Configuratie 2</b>	38	164 m	8 MW	107 m	189 m	25 m
<b>Configuratie 3</b>	24	190 m	10 MW	125 m	220 m	30 m

### 15.1.2 Socio-landschappelijk onderzoek

In de zomerperiode van 2009 (juni-september) werd een enquête uitgevoerd aan de kust die deel uitmaakte van een socio-landschappelijke studie m.b.t. de windparken (Grontmij Vlaanderen 2010). Doordat op het ogenblik van de uitvoering van de enquête de eerste zes windturbines van het C-Power project op Thorntonbank reeds geplaatst waren, kon in de vragenlijst gepolst worden naar het reële zicht van de bestaande turbines en het simulatiebeeld van deze turbines. Tijdens de ondervraging bleek dat de windturbines het best zichtbaar waren in zonnige omstandigheden, maar ook in bewolkte omstandigheden zonder neerslag waren ze nog te zien. In neerslagsituaties bleken de windturbines niet zichtbaar voor de respondenten. De bevroegden in Blankenberge en De Haan konden de windturbines het beste zien staan: dit zijn locaties die eerder “schuin” op de rij van zes aankijken. Dit betekent dat op deze locaties een iets groter aandeel van de horizon wordt ingenomen door de zes windturbines in vergelijking met de locaties in Zeebrugge, Heist of Knokke: waar de afstand tot de turbines korter is, maar de hoek scherper.

Gevraagd naar de aanvaardbaarheid van het reële zicht van de C-Power windturbines en het gesimuleerde zicht werden gelijkaardige antwoorden verkregen. Ongeveer 95% van de ondervraagden vonden het zicht op de zes windturbines (zeer) aanvaardbaar. Er werden eveneens simulaties getoond van de drie toen reeds vergunde parken (C-Power, Belwind en Northwind) samen, waar een meerderheid van 78% het (simulatie)zicht aanvaardbaar vindt. Voor de worst case simulatie waarbij de volledige windenergiezone met windturbines gevuld is, wordt nog een aanvaardbaarheid van 62% gehaald.

De studie besluit dat de factor die de belevingswaarde van de zee beïnvloedt, de graad van zichtbaarheid van de turbines is: de afstand in zee, de oriëntatie ten opzichte van badplaatsen (hoek t.o.v. badplaats) en het aantal zichtbare turbines. Met andere woorden, de procentuele inname van de horizon is van groot belang bij de aanvaarding en de beleving van windturbines op zee (Grontmij Vlaanderen 2010). In de zomer volgend op de constructie van de eerste windturbines in het Norther windpark wordt een opvolgstudie gepland. Deze opvolgstudie dient vnl. de mensen te bevragen over het reële zicht op de windturbines, de invloed die de windparken hebben op hun waardering van het zeezicht en te peilen naar eventuele economische gevolgen voor het kusttoerisme. Ook de aanvaardbaarheid van het worst case scenario waarbij de volledige windenergiezone volgebouwd zal zijn, dient verder onderzocht te worden met behulp van nieuwe simulaties gebruik makend van het reële zicht en dit vooral in de kustgemeenten met de grootste zichthoeken (o.a. Blankenberge en Westkapelle).

## 15.2 *Te verwachten effecten van het windpark*

### 15.2.1 Constructiefase

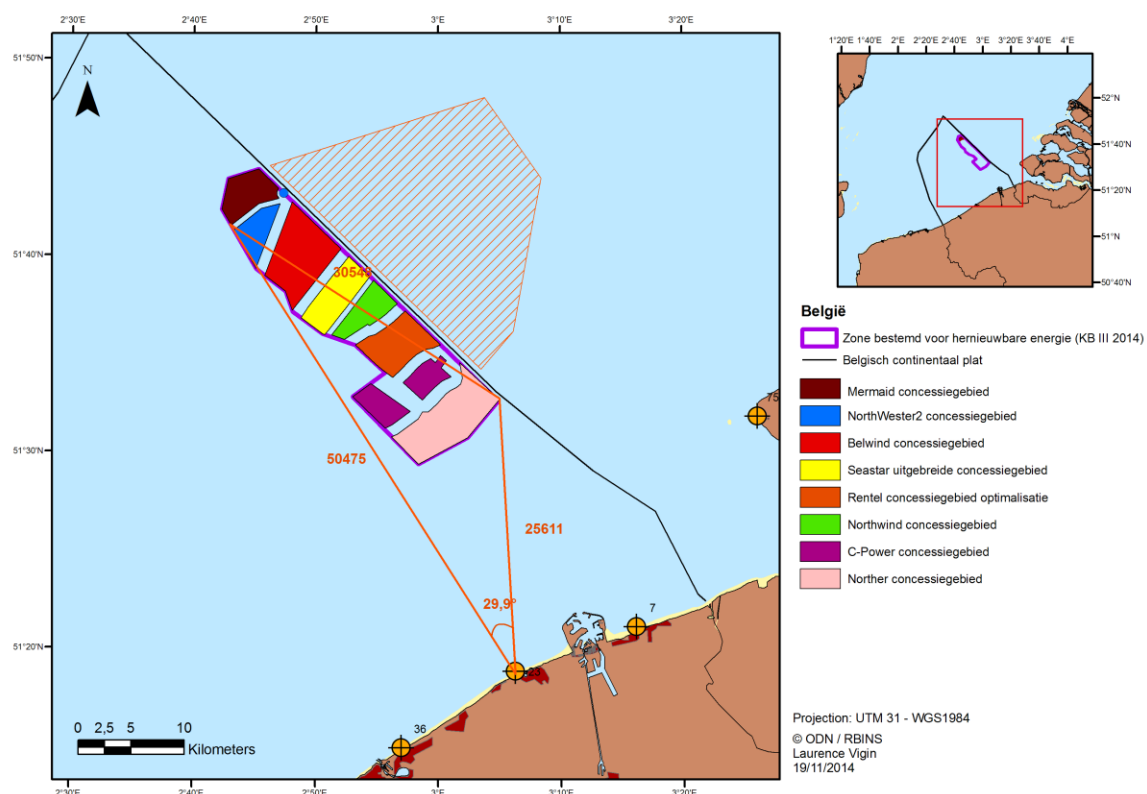
In de buurt van de werkzaamheden en ter hoogte van de haven zal er tijdelijk een verhoogde scheepvaartactiviteit waarneembaar zijn. Ter hoogte van de aanlandingsplaats op het strand zal eveneens een verhoogde scheepvaartactiviteit waarneembaar zijn.

### 15.2.2 Exploitatiefase

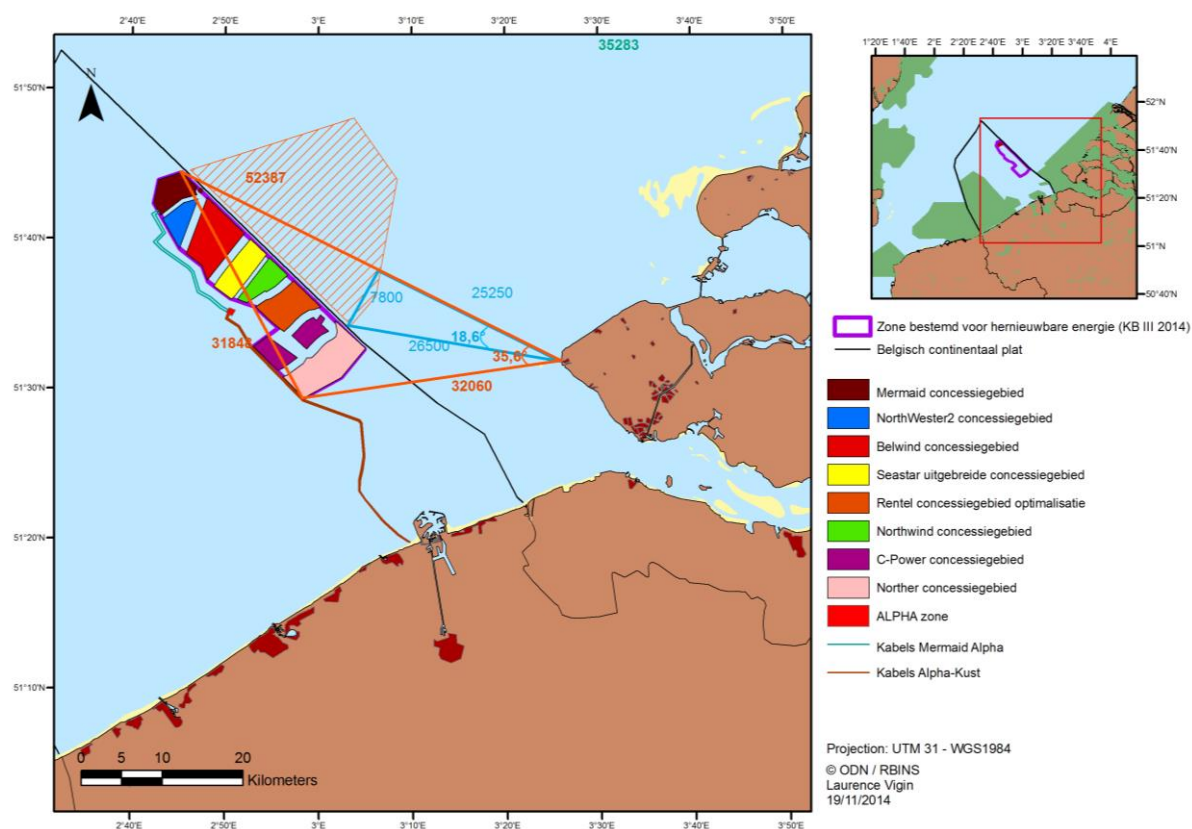
#### 15.2.2.1 Zichthoeken

In de eerste studies i.v.m. met landschappelijke aspecten van windparken (Vlakte van de Raan en Wenduinebank), uitgevoerd door de BMM, werden bepaalde normen voor zichthoeken uitgewerkt, specifiek toepasbaar voor projecten in de territoriale zee. Samengevat werd redelijkerwijze een horizonbezettingsgraad van maximaal 1/9 (horizon = 180° zicht) en dus 20° vooropgesteld voor één park en 1/5 (zijnde 36°) cumulatief (BMM, 2004). Omdat de grootste visuele vervuiling bekomen wordt op die locaties waar een grote zichthoek overeenkomt met een kleine afstand tot het park werd voor deze laatste 20 km als kritische afstand vooropgesteld.

Het Mermaid windpark ligt op circa 50 km van de kust en wordt afgeschermd door de reeds gebouwde windparken (Belwind, Northwind en C-Power) en de toekomstige Rentel, Seastar en Norther windparken. Deze reeds aanwezige windturbines zullen een groot deel van het zicht op de Mermaid concessie afschermen. Het berekenen van de zichthoeken voor het Mermaid park op zich geeft in deze situatie geen meerwaarde. In plaats daarvan worden de cumulatieve zichthoeken van het Mermaid project in combinatie met de reeds vergunde windparken vanuit Blankenberge (Figuur 15.1) en Westkapelle (Figuur 15.2) berekend. Voor deze berekening worden de verste uithoeken van de verschillende reeds vergunde projecten als hoekpunten genomen. De cumulatieve zichthoek bedraagt 29,9° voor Blankenberge en 35,6° voor Westkapelle. De zichthoek voor zowel Blankenberge als Westkapelle blijft dus onder de in het verleden vooropgestelde 36°. Merk op dat ongeveer de helft (18,6°, Figuur 15.2) van de cumulatieve zichthoek voor Westkapelle zou worden afgeschermd door de windparken die in de toekomst zullen gebouwd worden in de Nederlandse windparkzone 'Borssele' grenzend aan de Belgische zone.



Figuur 15.1 Cumulatieve zichthoek op de reeds vergunde parken in de Belgische windzone vanuit Blankenberge. Arcering: de Nederlandse Borssele windzone.



Figuur 15.2 Cumulatieve zichthoek op de reeds vergunde parken in de Belgische windzone vanuit Westkapelle (NL). Arcering: de Nederlandse Borssele windzone.

### 15.2.2.2 Type turbines

Naast de zichthoeken en afstanden is het type windturbine dat uiteindelijk zal geplaatst worden eveneens van belang.

Ten gevolge van de kromming van de aarde zullen er – rekening houdend met (oog)hoogte van de waarnemer – grote delen van de turbines niet zichtbaar zijn achter de horizon. Voor een waarnemer aan de kustlijn met ooghoogte op 1.70 meter zal de configuratie met turbines van 3 MW zelfs helemaal niet zichtbaar zijn aangezien objecten meer dan 161 meter hoog zullen moeten zijn om waargenomen te kunnen worden. Daarentegen zal men vanuit een appartementsgebouw (ooghoogte ~10 m) theoretisch reeds structuren vanaf 117 m hoogte kunnen waarnemen.

De turbines uit het kleinere segment zullen – indien zichtbaar - een compact zicht geven (veel kleine turbines dicht bij elkaar in het zichtveld), de grootste turbines (7-10MW) geven een meer open zicht (weinig grotere turbines met grotere tussenafstand). Dit effect zal grotendeels geneutraliseerd worden door de turbines van alle voorliggende projecten die het zicht vanuit de kust op het Mermaid project belemmeren.

### 15.2.2.3 Zichtbaarheid van de verlichting

De windturbines zullen uitgerust worden met lichten ten behoeve van de scheep- en/of luchtvaart. Op basis van de MacMillan Reeds Nautical Almanac (<http://www.reedsnauticalalmanac.co.uk/>) kan worden afgeleid dat een licht geplaatst op 84 m (3,3 MW) respectievelijk 125 m (10MW) hoogte op de top van de gondel, door een waarnemer aan de kust op 10 m hoogte, theoretisch tot respectievelijk 25.8 NM (zijnde +/-52 km) en meer dan 26,9 NM (zijnde +/- 54 km) kan worden waargenomen. Gezien het park zich op 50 km uit de kust zal bevinden, zullen de lichten van de turbines nipt binnen de grenzen van het zichtbare vallen. Hoe groter de turbines, hoe zichtbaarder de verlichting van op land zal zijn. Voor een waarnemer die zich lager bevindt, worden kleinere afstanden gevonden. De afstand tot de Zeeuwse kust bedraagt 52 km en zijn de lichten theoretisch zichtbaar aan de kust. Echter, uit de waarnemingen voor de reeds gebouwd windturbines van C-Power kan besloten worden dat de verlichting mede door de hoek waaronder ze schijnen, de afstand tot de kust en de hoogte van de waarnemer (meestal < 10m), slechts in zeldzame gevallen zichtbaar zal zijn. De Mermaid lichten zullen 1 geheel vormen met de lichten van de windparken die voor het Mermaidpark liggen.

In Grontmij (2010) wordt vermeld dat het zicht jaarlijks maar in 10% van de tijd meer dan 20 km en slechts in 1% van de tijd meer dan 30km bedraagt. Verder zullen mist, heiligheid, neerslag en andere atmosferische condities de zichtbaarheid van de turbines verder verminderen.

Het scheidend en oplossend vermogen van het menselijk oog dient ook in rekening gebracht te worden. Dit bedraagt maximaal 1 boogminuut. Op 30 km afstand kan het menselijk oog objecten onderscheiden die breder zijn dan 8.75m. Theoretisch gezien zullen dus voornamelijk de grootste turbines die het dichtst bij de kust gesitueerd zijn (configuratie 2), het beste te onderscheiden zijn.

## 15.2.3 Ontmantelingsfase

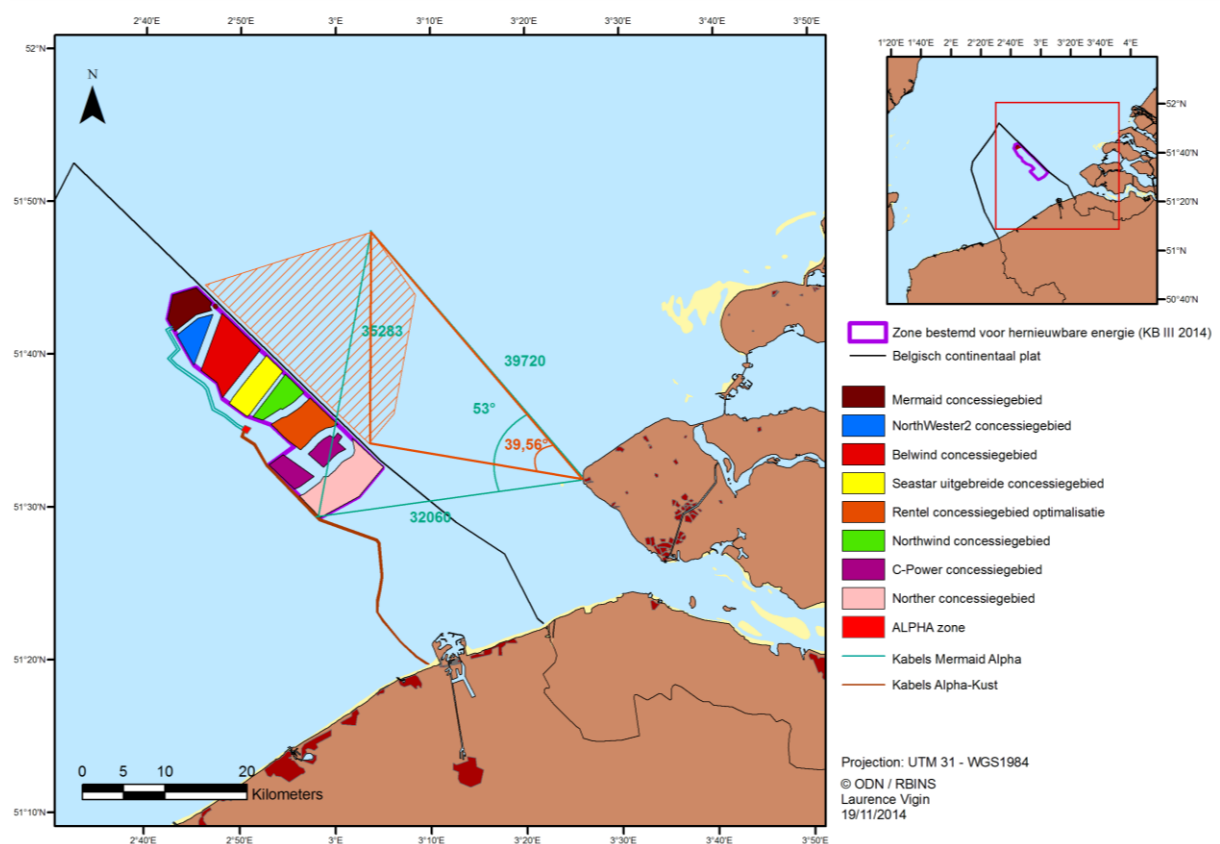
In de buurt van de werkzaamheden en ter hoogte van de haven zal, net als tijdens de constructiefase, een verhoogde scheepvaartactiviteit waarneembaar zijn.

### 15.3. Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject

Het project omvat eveneens het leggen van een aantal golfenergieconvectoren (WEC's). Van de voorgestelde alternatieven zijn de single point absorbers en de multiple point absorbers die op de golven drijven, het minste visueel zichtbaar. De Wavestar (een multiple point absorber op monopiles) zal met 6,5m boven het wateroppervlakte uitkomen en beperkt zichtbaar zijn voor de scheepvaart in de buurt die sowieso een veiligheidsafstand van 500m zal moeten aanhouden.

### 15.4 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten

Omdat het weinig zin heeft de effecten van het Mermaid project op zich op zeezicht te bespreken werden de cumulatieve effecten reeds hierboven besproken (zichthoeken).



Figuur 15.3 Cumulatieve zichthoek op de reeds vergunde parken in de Belgische windzone en de Nederlandse Borssele windzone vanuit Blankenberge. Arcering: de Nederlandse Borssele windzone.

De zichthoeken vanuit Westkapelle werden ook berekend voor het cumulatieve geval waarbij de verste uithoeken van zowel de Belgische als de Nederlandse windzone als hoekpunten worden genomen (Figuur 15.3). Indien de Nederlandse Borssele windzone volledig in gebruik genomen zou worden overschrijdt de zichthoek voor Westkapelle in het cumulatieve geval ruim de vooropgestelde 36°. De cumulatieve zichthoek bedraagt dan 53° waarvan 39,5° ingenomen wordt door het Nederlandse voorziene Borssele windzone. Voor Blankenberge werd dit niet berekend omdat vanuit deze stad de hoek niet veel groter wordt door het mee in rekening brengen van het Borssele gebied.

## 15.5 Besluit

### 15.5.1 Aanvaardbaarheid

Uit bovenstaande wordt besloten dat de windturbines van dit project slechts beperkt zichtbaar zullen zijn aan de kust en dit enkel voor de configuraties met grote turbines, bij zeer goede weersomstandigheden (~1% van de tijd) en vanop enige hoogte (bv. uit een appartementsgebouw). De turbines van het Mermaid project zullen daarenboven hoogstwaarschijnlijk opgaan in het totaalbeeld met de windturbines van de ervoor gelegen parken. Er zal dus eerder een “verdichting” zichtbaar zijn in het geheel van de parken, eerder dan dat het Mermaid park afzonderlijk zou onderscheiden worden door de eventueel grotere afmetingen van de windturbines. Het project is bijgevolg aanvaardbaar voor de discipline zeezicht.

### 15.5.2 Voorwaarden en Aanbevelingen

#### 15.5.2.1 Voorwaarden

De aanvrager dient op regelmatige basis het park te onderhouden. Dit houdt onder meer in het verfrissen van de verflaag, het verwijderen van roestpunten, enz...

#### 15.5.2.2 Aanbevelingen

Het is aanbevolen om een combinatie van verschillende grootteordes van turbines te vermijden omwille van de uniformiteit.

## 15.6 Monitoring

In 2009 werd een socio-landschappelijk onderzoek uitgevoerd op basis van simulaties<sup>7</sup> op het moment dat enkel de zes eerste turbines van C-Power geïnstalleerd waren. In de zomer volgend op de constructie van de eerste windturbines in het Norther windpark wordt een opvolgstudie voorzien. Op dat moment zal ook het C-Power windpark volledig afgewerkt zijn. Deze opvolgstudie dient vnl. de mensen te bevragen over het reële zicht op de windturbines, de invloed die de windparken hebben op hun waardering van het zeezicht en te peilen naar eventuele economische gevolgen voor het kusttoerisme. Ook de aanvaardbaarheid van het worst case scenario waarbij de volledige windzone volgebouwd zal zijn, dient verder onderzocht te worden met behulp van nieuwe simulaties gebruik makend van het reële zicht en dit vooral in de kustgemeenten met de grootste zichthoeken (oa. Blankenberge en Westkapelle). Analoog aan de eerste uitgevoerde studie zullen de kosten voor de opvolgstudie gedeeld worden tussen Norther en de windparken die vergund worden na Norther. Deze studie dient uitgevoerd te worden door de vergunningshouders. Voorafgaand aan de studie dient de methodiek ter goedkeuring voorgelegd te worden aan de BMM. Van deze studie zal een rapport worden opgesteld dat naast de doelstellingen en de methodiek de verwerkte gegevens voorstelt en bespreekt. Dit rapport wordt uiterlijk 4 maanden na het aflopen van de studie bij de BMM ingediend en zal door de onderzoekers aan de medewerkers van de BMM op een vergadering voorgesteld

---

<sup>7</sup>In deze simulaties werden de windturbines van C-Power met gravitaire fundering werden afgebeeld. Enkel de eerste 6 windturbines hebben dit type fundering, de overige windturbines zullen een gele jacketstructuur hebben, wat het totaalbeeld kan beïnvloeden.

worden. Van de onderzoekers wordt een actieve deelname verwacht aan eventuele workshops over de monitoring van het windpark, ingericht door de BMM

### *15.7 Evaluatie WEC pilootproject*

Op basis van de bovenstaande beoordeling wordt er geen significante invloed verwacht van de WEC's op het zeezicht en is er geen nood aan bijkomend onderzoek voor dit onderdeel.



## 16. Cultureel erfgoed

- Er bevinden zich geen gekende scheepswrakken ter hoogte van het concessiegebied van Mermaid.
- Voor de start van de bouwfase wordt een side scan sonar survey en een gedetailleerde multibeam uitgevoerd over het gebied en over de kabeltracés zodat, indien nodig, de activiteit zodanig aangepast kan worden dat er geen invloed is van de werkzaamheden op het cultureel erfgoed.
- Het traject van de Mermaid verbindingenkabels naar land werd dusdanig opgesteld dat alle gekende en gedetecteerde wrakken vermeden worden.
- Op basis van de huidige kennis is het onmogelijk in te schatten wat de precieze invloed zal zijn van het project op verdrinken paleolandschappen en eventueel aanwezige archeologische resten en fossiele zoogdierresten.
- Het Mermaid project is voor wat betreft de effecten op cultureel erfgoed aanvaardbaar (inclusief kabeltracé), mits het naleven van een aantal voorwaarden

### 16.1 Inleiding

In de context van deze beoordeling omvat cultureel erfgoed zowel (scheeps)wrakken, paleolandschappen, maritiem archeologisch erfgoed in de zee en fossiele zoogdierresten. Dankzij de inventarisatie van de wrakken uitgevoerd in het kader van het GAUFRE-project (Maes *et al.*, 2005) is er een vrij goede kennis over de locatie van wrakken in het Belgisch deel van de Noordzee. Verdrinken paleolandschappen vormen een ander onderdeel van het cultureel erfgoed. Deze omvatten bv. resten van de middeleeuwse eilanden o.a. Wulpen, Koezand en Waterdunen gelegen ter hoogte van de huidige Vlakte van de Raan (Pieters *et al.*, 2010; Mathys, 2009). Daarnaast vermeldt de MER studie ook de mogelijke aanwezigheid van fossiele zoogdierresten en archeologische resten (IMDC, 2013a).

Verdrinken paleolandschappen vormen een ander onderdeel van het cultureel erfgoed. Deze omvatten bv. (herwerkte) resten van de middeleeuwse eilanden o.a. Wulpen, Koezand en Waterdunen gelegen ter hoogte van de huidige Vlakte van de Raan (Pieters *et al.*, 2010; Mathys, 2009). Het onderzoek naar paleolandschappen is relatief nieuw en een systematisch overzicht van de gekende paleolandschappen is op dit moment nog niet beschikbaar. Rondom de Thorntonbank en in het Deepwater Channel (gelegen aan de noordrand van het BDNZ) zijn daarenboven fossiele zoogdierresten teruggevonden (pers. comm. Inge Zeebroek in IMDC, 2013a). Archeologische resten zijn daarentegen voornamelijk geconcentreerd in kustnabije zones.

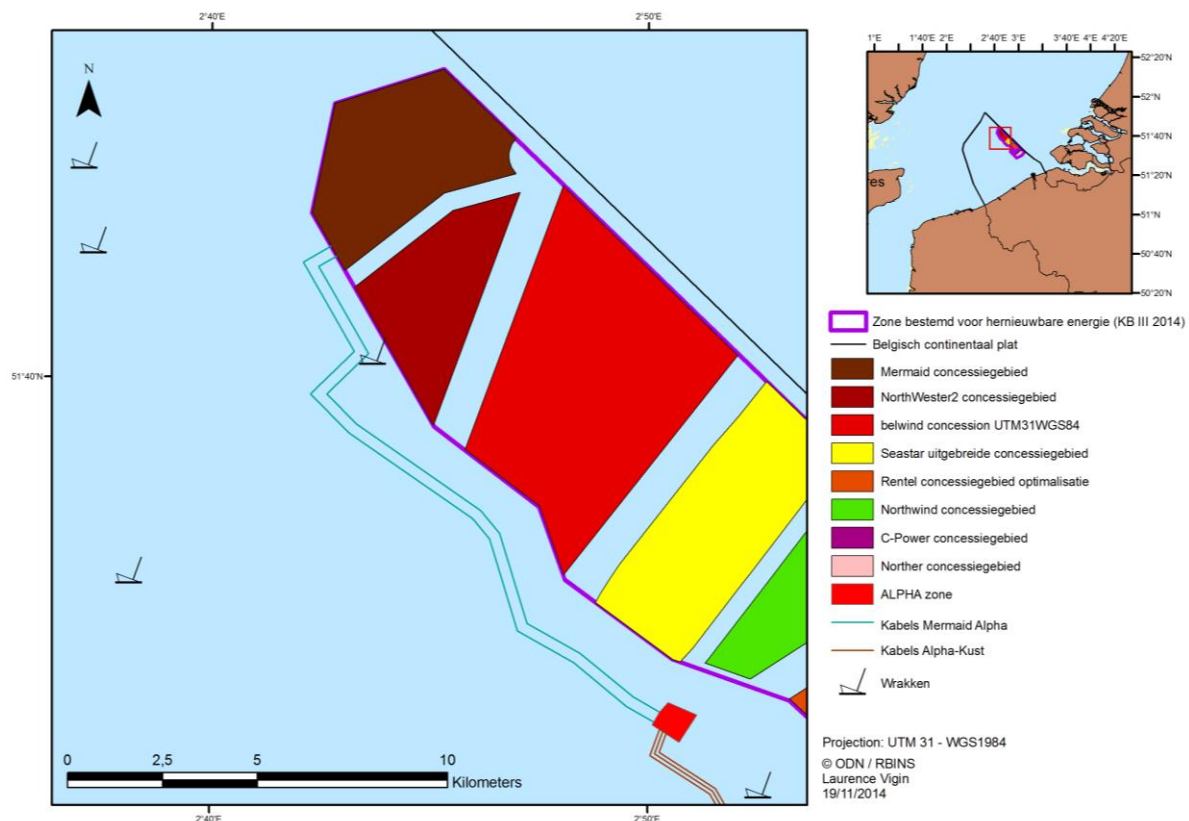
### 16.2 Te verwachten effecten

#### 16.2.1 Invloed op de scheepswrakken

Op basis van de inventarisatie van de wrakken uitgevoerd in het kader van het GAUFRE-project (Maes *et al.*, 2005) en van drie online databanken (<http://www.maritieme-archeologie.be>, <http://www.vlaamsehydrografie.be/wrakkendatabank.htm> en <http://www.wrecksite.eu>) werd er bepaald dat er zich geen gekende scheepswrakken bevinden in het Mermaid concessiegebied. Het valt echter te verwachten dat er naast geregistreerde, ook een aantal niet-geregistreerde wrakken aanwezig zijn op de zeebodem.

In het MER van het Mermaid windpark (IMDC, 2014a) wordt reeds gesteld dat men wrakken dient te vermijden bij de aanleg van de verbindingsskabels teneinde het cultureel erfgoed niet te beschadigen. Er bevindt zich een wrak (B140/243) op 120 meter van het voorgestelde traject van de Mermaid verbindingsskabel (Figuur 16.1).

Een side scan sonar survey en een gedetailleerde multibeam survey uitgevoerd over het concessiegebied en het kabeltracé moet toelaten eventuele niet-geregistreerde wrakken op te sporen en de werken zo te plannen dat er geen schade wordt berokkend aan de scheepswrakken.



Figuur 16.1: Het tracé van de Mermaid verbindingsskabels en locatie van de nabijgelegen scheepswrakken

### 16.2.2 Invloed op paleolandschappen

Op basis van de huidige kennis is het onmogelijk in te schatten wat de precieze invloed zal zijn van het project op verdronken paleolandschappen en eventueel aanwezige archeologische resten en fossiele zoogdierresten. Sinds 2013 loopt er een 4 jaar durend SBO project dat op zoek gaat naar methoden om op een snelle efficiënte manier het erfgoedpotentieel te onderzoeken in gevoelige gebieden en dit in functie van beheersadvies (zie ook: <http://www.archeo-noordzee.ugent.be/>).

## 16.3 Onzekerheden met betrekking tot het WEC pilootproject

In het kader van het WEC pilootproject zullen een beperkt aantal structuren, verankeringen en kabels geïnstalleerd worden in het concessiegebied. Zoals hierboven vermeld, moet een side scan sonar survey en een gedetailleerde multibeam survey uitgevoerd worden over het concessiegebied die zal moeten toelaten eventuele niet-geregistreerde wrakken op te sporen en de werken zo te plannen dat er geen schade wordt berokkend aan de scheepswrakken.

## *16.4 Cumulatieve en grensoverschrijdende effecten*

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het Mermaid windpark inclusief WEC pilootproject en verbindingsskabels op het vlak van cultureel erfgoed mits inachtneming van een aantal voorwaarden.

## *16.5 Besluit*

### **16.5.1 Aanvaardbaarheid**

Het valt niet te verwachten dat de bouw, exploitatie en ontmanteling van het Mermaid project een negatieve invloed zal hebben op het cultureel erfgoed mits inachtneming van volgende onderstaande voorwaarden.

### **16.5.2 Voorwaarden en aanbevelingen**

#### **16.5.2.1 Voorwaarden**

De houder moet voor de bouw een side-scan sonar en multibeam survey (of minstens gelijkwaardige technieken) over het gebied uitvoeren. Anomalieën met archeologisch potentieel moeten door minstens 2 side-scan lijnen in beeld gebracht worden, overlangs en dwars door de centrale as van de anomalie. De BMM moet uitgenodigd worden om aanwezig te kunnen zijn tijdens deze survey. Na afloop van deze survey dienen de resultaten aan de BMM en het Agentschap Onroerend Erfgoed gerapporteerd te worden met vermelding van de verschillende aangetroffen objecten die nader onderzocht dienen te worden en de stappen die zullen genomen worden om eventuele beschadigingen van het maritiem erfgoed te vermijden.

Alle obstakels die op de zeebodem gevonden worden, moeten geplot worden. Na de werkzaamheden dient over dezelfde tracks een survey te gebeuren (rekening houdend met veiligheid en werkingsslimieten), en ieder nieuw obstakel veroorzaakt door de houder moet op zijn kosten verwijderd worden.

Indien een obstakel (niet veroorzaakt door de houder) wordt aangetroffen en verwijderd dient te worden, moeten de BMM en de bevoegde autoriteiten (conform de wrakkenwet) worden ingelicht alvorens over te gaan tot de verwijdering. Bij de beoordeling van een dergelijk obstakel zal rekening worden gehouden met de mogelijke aanwezigheid van materiële goederen of cultureel erfgoed.

Na het leggen van de kabels zal de vergunninghouder het werkelijke tracé digitaal (shapefile) en op kaart van 1/50.000 aan de BMM overmaken.

Indien tijdens de werken archeologische resten en/of fossiele zoogdierresten worden aangetroffen, moeten de BMM en de bevoegde autoriteiten (o.a. Agentschap Onroerend Erfgoed) worden ingelicht en dient dit conform de wrakkenwet gemeld te worden aan de ontvanger van het cultureel erfgoed onder water. Eventuele fossiele zoogdierresten worden overgedragen aan het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen.

#### **16.5.2.2 Aanbevelingen**

Er wordt aanbevolen dat de houder naast een side-scan sonar en multibeam survey van het

concessiegebied ook een magnetometrie survey uitvoert met Cesium magnetometer (of equivalent) die toelaat om anomalieën te detecteren van minstens 5 nT (nano Tesla). Dat hierbij bijkomende lijnen gevaren worden over gebieden/anomalieën met archaeologisch potentieel (lijnspatiëring 15 m, aanbevolen towfish hoogte 6 m boven de zeebodem). Eventueel geïdentificeerde anomalieën met archeologisch potentieel dienen indien mogelijk door duikers onderzocht te worden.

Het is aanbevolen dat sub-bottom metingen worden uitgevoerd met een lijnspatiëring en resolutie die toelaat om de Quartaire afzettingen tot de volledige impact-diepte zeer gedetailleerd in kaart te brengen met daarbij specifieke aandacht voor zgn. markers van archeologisch potentieel: veenlagen, fijne afzettingen, en rivierafzettingen. Idealiter dienen de seismische data geïdentificeerd te worden met boringen en/of trilboringen.

Het is aangewezen dat sedimentlagen, gebieden of structuren die worden geïdentificeerd als archeologisch interessant met behulp van boringen, trilboringen, grabsamples of boorstalen verder onderzocht worden.

Het is aanbevolen om – in samenwerking met het Agentschap Onroerend Erfgoed - langs de kabeltracés op een 10-tal plaatsen een kleine hoeveelheid zand op te baggeren en over een zeef met 5 mm maaswijdte te filteren om op die manier een zicht te krijgen op mogelijk archeologisch potentieel.

## *16.6 Monitoring windpark*

De bovenstaande voorwaarden maken verdere monitoring voor dit onderdeel overbodig.

## *16.7 Evaluatie WEC pilootproject*

Mits inachtnaam van de bovenstaande voorwaarden wordt er geen invloed verwacht van de WEC's op het cultureel erfgoed en is er geen nood aan bijkomend onderzoek voor dit onderdeel.

## 17. Monitoring en coördinatie

### 17.1 Algemene visie

De BMM herinnert eraan dat volgens art. 29 van de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België, de toezichtsprogramma's en permanente milieueffectonderzoeken worden uitgevoerd door of in opdracht van de in art. 28, §1, van dezelfde wet bedoelde overheid (in casu de BMM) en op kosten van de houder van de vergunningen en machtigingen.

De vereiste monitoring wordt afgeleid van de te verwachten impact van de gemachtigde/vergunde activiteiten op het mariene milieu. Met mariene milieu wordt in eerste instantie verstaan het ecosysteem van de zeegebieden, met inbegrip van de fysische, chemische, geologische en biologische componenten ervan en de functionele verbanden tussen die componenten, maar ook ecosysteemfuncties en milieuwaarden van de zeegebieden die rechtstreeks of onrechtstreeks van nut zijn voor de gebruikers van de zee en de mens in het algemeen aanbelangen.

In het koninklijk besluit van 9 september 2003 wordt gespecificeerd hoe de mogelijke impact a priori dient te worden onderzocht: het milieueffectenrapport (MER) moet een beschrijving en waardering bevatten van de te verwachten betekenisvolle effecten van de activiteit en van de beschreven alternatieven op het mariene milieu en met name, in voorkomend geval, op: de fauna, de flora, de biodiversiteit en de mens, de bodem, het water, de atmosfeer en klimatologische factoren, de energie- en grondstoffenvoorraden, het zeezicht, de materiële goederen en het culturele erfgoed, en de onderlinge wisselwerkingen tussen de voorgenoemde factoren. Verder bepaalt het KB dat de te beschrijven en waarden effecten de directe en indirecte, secundaire, cumulatieve en synergetische, permanente en tijdelijke, positieve en negatieve effecten omvatten op korte, middellange en lange termijn. Dat zijn dus ook de factoren die a posteriori moeten kunnen onderzocht worden door een gepaste monitoring.

Vooraleer over te gaan tot het opstellen van een monitoringsprogramma is het nuttig de filosofie achter een dergelijke monitoring kort te schetsen.

De doelstelling van de monitoring is tweeledig. Enerzijds dient de monitoring in staat te zijn de effecten als gevolg van de activiteit a posteriori vast te stellen en te kwantificeren, zodat in voorkomend geval van significante, irreversibele effecten site-specifieke mitigerende maatregelen kunnen worden voorgesteld. Anderzijds dient de monitoring toe te laten deze effecten te begrijpen, zodat de verzamelde kennis kan gebruikt worden om de verdere uitoefening van de activiteit en toekomstige gelijkaardige activiteiten a priori bij te sturen en dus nefaste effecten op voorhand uit te sluiten (= niet site-specifiek). De eerste doelstelling kan als een site-speciek controlemechanisme worden beschouwd, terwijl de tweede doelstelling de anticiperende waarde van de monitoring in functie van toekomstige projecten nastreeft.

Daarenboven worden binnen de monitoring twee aspecten onderscheiden: basismonitoring en gerichte monitoring. De basismonitoring heeft tot doel de geïntegreerde, langetermijneffecten van offshore windparken op het mariene ecosysteem te kunnen kwalificeren en kwantificeren. De gerichte monitoring heeft tot doel de processen en dus de oorzaak-gevolg relaties achter de geobserveerde impacts te ontrafelen. De basismonitoring laat bijgevolg toe de aanvaardbaarheid van de milieueffecten van windparken *a posteriori* te testen en op basis hiervan hypothesen omtrent oorzaak-gevolg relaties te postuleren. De gerichte monitoring laat dan weer toe het proces, verantwoordelijk voor de impact, te begrijpen en zodoende – indien noodzakelijk – milderende maatregelen voor

toekomstige offshore windparken te formuleren.

Bovenstaande filosofie houdt enkele principes in:

1. de monitoring moet de verwachte effecten in het licht kunnen stellen, i.e. de aard van het effect, de intensiteit ervan, de plaats waar het voorkomt;
2. hiervoor moet onontbeerlijk de baseline- of nulsituatie vóór het begin van de activiteit worden vastgesteld;
3. milieu-effecten die niet voorspeld waren, moeten eveneens kunnen opgespoord/opgepikt worden, i.e. onverwachte veranderingen van het ecosysteem die verband houden met de activiteit (natuurlijke variaties en variaties veroorzaakt door andere, bredere processen zoals globale opwarming moeten kunnen uitgesloten worden);
4. onverwachte gebeurtenissen, i.e. incidenten die ontstaan als gevolg van de vergunde activiteit en die een impact kunnen hebben op het milieu, moeten kunnen gekarakteriseerd worden;
5. de monitoring moet het oorzakelijke verband met de vergunde activiteiten en de overeenkomende verantwoordelijkheden vaststellen, i.e. de aard, intensiteit, plaats en tijd van voorkomen van de oorzaak, en dus bron van de storing, alsook – zo mogelijk – het mechanisme van de relatie met het waargenomen effect;
6. na de impact moet de nieuwe samenstelling en functionele toestand van het ecosysteem kunnen beschreven worden, i.e. naast de rechtstreekse gevolgen van de activiteit moeten de herschikkingen van het systeem en nieuwe evenwichten opgenomen worden;
7. tijdelijke en permanente effecten op natuurwaarden en ecosysteemfuncties moeten kunnen geëvalueerd worden: hiermee wordt verwezen naar de regelgeving, in het bijzonder de EU richtlijnen, die de evaluatie van impacten aan de hand van instandhoudingsdoelstellingen aanmoedigen;
8. alhoewel de monitoring zich in hoofdzaak zal richten op het in situ waarnemen van de milieueffecten, kan de monitoring ook in situ en ex situ experimenten vereisen. Deze experimenten moeten bijdragen tot het begrijpen van bepaalde effecten;
9. de monitoring dient te worden uitgevoerd door wetenschappers met een grondige kennis en ervaring, dit ter maximalisatie van de compatibiliteit van de over lange termijn verzamelde gegevens. Voor de monitoring dienen daarom de meest geschikte middelen en technieken te worden gebruikt en op een zodanig manier dat vergelijking met ander, gelijkaardig onderzoek mogelijk is. Daarbij kan nuttig gebruik gemaakt worden van de gestandaardiseerde bemonsteringsmethoden zoals gepubliceerd als ISO en of NBN normen meer bepaald: NBN EN ISO 5667-1, ISO 16665:2005, ISO 19493:2007;
10. in functie van de verkregen resultaten moet de mogelijkheid bestaan om de monitoring aan te passen om nieuwe kennis in het monitoringsprogramma te kunnen incorporeren en zo optimaal met de ter beschikking gestelde middelen om te gaan
11. de resultaten van deze monitoring worden beoordeeld volgens de kwaliteitscriteria van het mariene milieu bepaald door de nationale, Europese en internationale regelgeving. Daarnaast houdt deze evaluatie rekening met de resultaten van andere gepubliceerde bronnen, zoals mariene onderzoeksprogramma's die zich bezighouden met gerelateerde onderwerpen.

Het is vanzelfsprekend dat sommige milieueffecten (bv. geluid veroorzaakt door het heien van palen in de zeebodem) activiteit- en tijdspecifiek zullen zijn terwijl andere milieueffecten (bv. de vernietiging van een bepaalde biotoop onder kunstmatige bouwwerken of in een stortplaats) site-specifiek zullen zijn. Hieruit volgt dat een deel van de monitoring specifiek is voor elk concessiegebied en dus bij elk project moet herhaald worden, terwijl andere onderdelen van de monitoring gemeenschappelijk zijn voor alle projecten. In de uitvoering van het monitoringsprogramma zal er bijgevolg voor gezorgd worden dat verworven kennis ten voordele van

alle projecten geëxploiteerd wordt.

Om het voorziene monitoringsprogramma op te stellen werd bijgevolg, zoals reeds toegepast bij de andere vergunningshouders, voor een geïntegreerde aanpak gekozen. Na de baselinestudies die noodzakelijk site-specifiek zijn, wordt een gecombineerd programma van metingen en bemonsteringen opgesteld. Dit programma loopt voor de bestaande projectconcessies en het Mermaid project zal hierin geïntegreerd worden. Volgens de toekomstige ontwikkelingen zal het programma met de gepaste flexibiliteit kunnen worden herschikt en de inspanning en kost zal verdeeld worden onder de vergunningshouders op een billijke manier. Er werd dus een dynamisch proces opgezet, waarvan de doeltreffendheid regelmatig in overleg met de vergunninghouders zal kunnen worden herzien.

De in het MEB opgeven staalnamefrequenties, aantal stalen en technieken zijn indicatief en dienen aangepast te worden in functie van de funderingstypes van de windturbines en het windpark en de praktische haalbaarheid. Elke wijziging van de timing van de bouw- en exploitatiewerkzaamheden van de verschillende gemachtigde en vergunde activiteiten, alsook van de gekozen varianten en toegepaste technieken, kan een aanpassing van de monitoring en van de deelprogramma's met zich meebrengen. Het Bestuur zal de houder hiervan informeren en indien gewenst, het onderwerp op het bevoegde begeleidingscomité agenderen. Er dient zoveel mogelijk samengewerkt te worden bij het monitoren van de verschillende onderdelen en er dient ook overleg gepleegd te worden met de exploitant om de mogelijkheden te onderzoeken om bepaalde middelen (zoals bv. scheepstijd) gezamenlijk te gebruiken. Binnen het onderzoek naar de effecten van de verschillende windparken op het BDNZ zal er ook gestreefd worden naar een maximale synergie teneinde het onderzoek zo efficiënt mogelijk uit te voeren.

## *17.2 Voorgesteld programma*

Zoals bij wet voorzien, worden de toezichtsprogramma's en permanente milieueffect-onderzoeken uitgevoerd door of in opdracht van de BMM en op kosten van de houder van de vergunningen en machtigingen en dit voor de duur van de vergunning.

In het MER (IMDC, 2014a) werden, naast het windpark, ook scenario's besproken met tot 60 MW geïnstalleerd vermogen aan WEC's. Echter, aangezien de in het MER beschouwde WEC-systemen nog volop in ontwikkeling zijn en er nog grote onzekerheden bestaan over zowel de economische als industriële risico's van dit aspect van het Mermaid project alsook grote leemtes in de kennis bestaan over de te verwachten effecten op het mariene milieu, werd in de huidige aanvraag een pilootproject rond golfenergieconvertoren voorzien waarbij, binnen één proefveld, één of meerdere WEC-systemen in de vrije zone tussen de windturbines worden geplaatst. Dit pilootproject heeft als hoofddoel de technische haalbaarheid en de onzekerheden over de effecten op het mariene milieu van deze nieuwe technologie in het veld te evalueren. Dit moet toelaten om later een nieuwe aanvraag in te dienen voor scenario's met een groter geïnstalleerd vermogen waarbij voldoende informatie beschikbaar is voor een degelijke milieueffectenbeoordeling. Bijgevolg zal er tijdens het WEC pilootproject – gezien de in het MER en de MEB geïdentificeerde leemtes in de kennis - van de houder verwacht worden dat deze een aantal onderzoeken uitvoert naar de invloed van de gebruikte toestellen op het mariene milieu. Dit onderzoek maakt geen onderdeel uit van de monitoring van het windpark en zal door of in opdracht van de houder uitgevoerd worden.

De algemene coördinatie van de monitoringsprogramma's moet door de BMM gebeuren. Tabel 17.1 geeft een overzicht weer van de verdeling van de taken van de monitoring. Op basis hiervan werden de volgende budgettaire tabellen opgesteld. De onderzoeken die door of in opdracht van de houder

worden uitgevoerd, worden niet inbegrepen in de budgettering. In voorkomend geval valt de scheepstijd ten laste van de houder en wordt in de berekening van dit budget niet meegerekend. De kosten voor de BMM vermeld in de budgettaire tabellen blijven dan beperkt tot de controle en de evaluatie van de resulterende rapporten.

Tabel 17.1 Overzicht van de uitvoerders en van de onderwerpen van het monitoringsprogramma

<b>MERMAID – windpark</b>	veldwerk	onderzoek	rapportering	beoordeling
Coördinatie	BMM	BMM	BMM	BMM
hydrodynamica en sedimentologie	MERMAID/BMM	MERMAID/BMM	MERMAID/BMM	BMM
geluid en seismisch onderzoek	BMM	BMM	BMM	BMM
data	BMM/MERMAID	BMM/MERMAID	BMM/MERMAID	BMM
zeezicht	MERMAID	MERMAID	MERMAID	BMM
benthos en visfauna	BMM	BMM	BMM	BMM
(zee)vogels en vleermuizen	BMM	BMM	BMM	BMM
zeezoogdieren	BMM	BMM	BMM	BMM

De BMM beschouwt deze werkverdeling als de meeste geschikte voor het wetenschappelijk en operationeel verloop van de monitoring en tevens de meeste economische, maar erkent dat andere verdelingen kunnen in overweging genomen worden. Als de vergunninghouder in overleg met de BMM er voor zou kiezen om bepaalde onderzoeken (die in bovenstaande tabel uitgevoerd worden door de BMM) door derden te laten uitvoeren, dan dienen voorafgaand aan deze onderzoeken de methodiek en het monitoringsprogramma ter goedkeuring voorgelegd te worden aan de BMM met de garantie dat de door derden verworven gegevens volledig compatibel zijn met de reeds bestaande dataset. In voorkomend geval blijft de BMM verantwoordelijk voor de beoordeling. Er kan tevens voor gekozen worden om onderzoeken die door of in opdracht van de vergunninghouder uitgevoerd moesten worden door de BMM te laten uitvoeren. In dit geval vallen de kosten ten laste van de houder en zal het budget aangepast worden.

De resultaten van de door de houder uitgevoerde onderzoeken worden door de houder aan de BMM geleverd in de vorm van ruwe data, geanalyseerd en becommentarieerd in een verklarend en besluitend rapport. Deze rapporten moeten ieder jaar bij het jaarlijkse uitvoeringsverslag (conform de reeds vergunde windparken) gevoegd worden. Alle monitoringsgegevens die door de houder worden verzameld, dienen volgens een op voorhand met de BMM afgesproken formaat en drager (papier, digitaal) aan de BMM te worden overgemaakt. Het concessiegebied bevindt zich in zee in een openbaar domein, waarover België rechtsbevoegdheid en internationale verplichtingen heeft. Hieruit vloeit voort dat alle monitoringsgegevens - behalve deze die rechtstreeks noodzakelijk zijn voor de bouw en exploitatie van het park waarop bepaalde regels van vertrouwelijkheid van toepassing kunnen zijn - eigendom worden van de Staat.

### *17.3 Voorgestelde planning*

Hieronder wordt, rekening houdend met de resultaten van de milieueffectenbeoordeling (MEB), het monitoringsplan voorgesteld door de BMM. Alle in Tabel 17.1 vermelde disciplines moeten op afdoende wijze behandeld worden tijdens de nul-fase en de eerste fase van 5 jaar (constructie jaar (jaren) en begin van de exploitatiefase). Aangezien de (cumulatieve) effecten van windturbines op het mariene milieu enkel en alleen op lange termijn kunnen worden ingeschat, behelst de monitoring van de Belgische offshore windparken een lange-termijn perspectief.



Uit de ervaring opgedaan door de BMM tijdens de uitvoering van de monitoring sinds 2008 (eerste jaar van de eerste vergunningshouder) wordt afgeleid dat het equivalent van 2500 mandagen<sup>8</sup> per jaar volstaat ter uitvoering van de wettelijke monitoringsopdracht voor een periode van 15 jaar (dus, tot 2022) en voor de volledige windenergiezone in Belgische wateren. De verdere verplichtingen van Mermaid na het einde van zijn eerste fase zullen gedefinieerd worden, rekening houdend met een geschikte verdeling van de monitoring tussen de verschillende vergunningshouders. De maximale bijdrage van iedere vergunninghouder wordt aan 5357 mandagen geplafoneerd vanaf zijn nul-fase tot eind 2022. In voorkomend geval zullen de bepalingen voor de periode na 2022 ook ten gepaste tijde gedefinieerd worden.

De nul- fase omvat de monitoring gekoppeld aan de pre-constructiefase en richt zich zodoende op de vaststelling van de referentiesituatie, i.e. de milieutoestand vóór uitvoering van de werken. Deze fase vangt ten vroegste aan op de datum waarop de milieuvergunning gepubliceerd wordt en loopt tot het jaar waarin de eerste constructie-activiteiten plaats vinden.

De eerste fase vat aan in het jaar van de eerste constructie-activiteiten en loopt over een periode van vijf jaar. Na deze eerste periode worden de resultaten van de monitoringsactiviteiten grondig geëvalueerd. De fasen hier vermeld beginnen altijd op 1 januari van het betreffende jaar.

Het monitoringsplan en de resultaten van de monitoring worden door de overheid jaarlijks beoordeeld. Aan de hand van deze beoordeling kan het monitoringsplan jaarlijks worden herzien. Indien de monitoring of andere informatiebronnen aantonen dat onverwachte effecten van de activiteit optreden, waarvoor geen specifieke monitoring voorzien werd, dient de monitoring aangepast te worden om hiermee rekening te houden. Het opstellen van het plan, de beoordeling en de algemene coördinatie van de monitoringsprogramma's moeten door de BMM gebeuren. Vanuit deze informatie zal de BMM voorstellen formuleren voor de inhoud en de uitvoering van het verdere monitoringsprogramma, samen met mogelijke voorstellen van wijzigingen van de voorwaarden. De BMM zal hierover advies geven aan de Minister.

De te verwachten effecten zijn sterk afhankelijk van de uiteindelijke keuze van funderingstypes en installatietechnieken. Verschillende onderdelen van de monitoring zijn opgesteld om de effecten van specifieke funderingstypes en installatietechnieken te onderzoeken en de uitvoering van deze onderdelen is dan ook afhankelijk van de uiteindelijke invulling van het Mermaid project (Tabel 17.2).

Tabel 17.2 Overzicht van de voorziene monitoring in functie van de concrete invulling van het Mermaid project

	Hoofdstuk in deze MEB	Gravitaire funderingen	Monopile of jacket funderingen met heien	Monopile of jacket funderingen met suction bucket
<b>Algemeen</b>				
Coördinatie		X	X	X
Data		X	X	X
<b>Hydrodynamica en sedimentologie</b>				
Turbiditeit – constructie	6	X		X
Sedimentpluimen - operatie		X	X	X
Erosie – funderingen		X	X	X
Evolutie – stockage zand		X		

<sup>8</sup> De BMM gebruikt de mandag (MD) als rekeneenheid. Zie toelichting hieronder (17.5).

Bedekking kabels		X	X	X
<b>Geluid en seismisch onderzoek</b>	7			
Referentiesituatie onderwatergeluid		X	X	X
Onderwatergeluid constructiefase			X	X
Onderwatergeluid exploitatiefase			X	X
<b>Macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen</b>	10			
Artificieel hard substraat		X	X	X
Ontwikkeling zacht substraat		X	X	X
Zandspiering		X	X	X
<b>Zeezoogdieren</b>	11			
Verspreiding zeezoogdieren		X	X	X
Effect van heigeluid			X	
Aantrekking zeezoogdieren		X	X	X
<b>Avifauna en vleermuizen</b>	12			
Verspreiding zeevogels		X	X	X
Aanvaringen zeevogels		X	X	X
Radaronderzoek		X	X	X
Vleermuizen		X	X	X
<b>Zeezicht</b>	15			
Zeezicht (opvolgstudie)		X	X	X

## 17.4 Locatie van de monitoringswerkzaamheden

De monitoring moet niet beperkt blijven tot het concessiegebied en het kabeltracé. Indien gerechtvaardigd door de verwachte omvang van de directe en indirecte effecten van de vergunde activiteit zullen de monitoringswerkzaamheden zich in de omgeving van het concessiegebied en het kabeltracé kunnen uitstrekken. Goed afgebakende referentiezones zullen ook onder toezicht gehouden worden, om effecten die geen verband houden met de activiteit te kunnen uitsluiten.

De houder dient, mits goedkeuring door het Begeleidingscomité, wetenschappelijk onderzoek kosteloos toe te laten binnen de concessiezone. De BMM behoudt zich het recht voor om monitoring en wetenschappelijk onderzoek uit te voeren binnen het concessiegebied en op de structuren, op voorwaarde dat de veiligheid wordt gerespecteerd en dat de houder in kennis wordt gebracht conform de overeen te komen procedures.

## 17.5 Schatting van het budget

Het budget werd geschat conform artikel 24, § 2, van het KB MEB van 9 september 2003. Om praktische redenen, zijn alle budgettaire posten uitgedrukt in mandagen. Deze posten omvatten de personeels- en werkingkosten van de BMM en de investeringskosten (zie indicatief overzicht van het benodigde materiaal Tabel 17.3).

Voor de schuldvoorziening, worden de prestaties in mandagen vermenigvuldigd met het forfaitaire dagtarief beschouwd als voldoende bewijs van de gemaakte kosten voor het personeel van de BMM en zijn werking. Wat de investeringsuitgaven betreft, zullen kopieën van inkoopfacturen als bewijs dienen.

De kostprijs van een forfaitair dagtarief bedraagt 494,43 euro per mandag in basiswaarde (100%) van december 2014 te indexeren volgens de index der consumptieprijzen. Op jaarbasis wordt een

berekening opgemaakt van de werkelijk gemaakte kosten, die wordt doorgestuurd naar de houder. De index gebruikt voor de schuldvordering is de gemiddelde index voor het desbetreffende gefactureerde jaar.

Onderstaande budgettering houdt rekening met het feit dat de BMM de RV Belgica en haar observatievliegtuig gratis ter beschikking stelt van het monitoringsprogramma. In uitzonderlijke geval kan voor zekere specifieke staalnames, door de BMM gevraagd worden aan de exploitant om één van zijn werkschepen kosteloos ter beschikking te stellen van de BMM. Indien de exploitant geen schip ter beschikking wenst te stellen, dient hij de kosten van een ander werkschip te dragen, conform de overeen te komen operationele afspraken.

In Tabel 17.4 wordt een samenvatting gegeven van de geschatte werklast voor elk onderdeel van het monitoringsprogramma voor het Mermaid windpark. De bedragen die in dit hoofdstuk monitoring worden vermeld, zijn budgettaire ramingen. Ze moeten worden beschouwd als indicatief en maximaal.

De BMM verbindt zich ertoe deze kosten binnen het budget te houden, rekening houdend met de gewone indexstijging. Binnen deze budgettaire envelop, behoudt de BMM het recht om het monitoringsprogramma aan te passen aan de beschikbare middelen en de werklast tussen de verschillende posten te verschuiven, alsook tussen de verschillende jaren, afhankelijk van de noodzaak ervan en de vooruitgang van de werken.

Tabel 17.3 Globaal overzicht van het benodigde materiaal voor de uitvoering van het monitoringsprogramma MERMAID.

Onderwerp	Materiaal	Schatting kostprijs in euro (december 2014)	Omgerekend in MD
<b>Hydrodynamica Sedimentologie</b>	en kosten LISST holo en vlokkencamera	40.014,00 €	81
<b>Onderwatergeluid</b>	kosten en onderhoud recorders	35.598,96 €	72
<b>Benthos</b>	labomateriaal	15.821,76 €	32
<b>Benthos</b>	duikmateriaal	19.777,20 €	40
<b>Zeezoogdieren</b>	aankoop 8 Porpoise Detectors	16.316,19 €	33
<b>Zeezoogdieren</b>	aankoop GPS/GSM tags	29.665,80 €	60
<b>Zeezoogdieren</b>	verankering Pods T0 en constructie	5.933,16 €	12
<b>Zeezoogdieren</b>	verankering Pods exploitatie	59.331,60€	120
<b>Avifauna</b>	bijdrage onkosten vogelradar, DT bird, Bat detectoren	49.443,00 €	100
<b>TOTAAL</b>		<b>271.901,67 €</b>	<b>550</b>

Tabel 17.4 Globale werklast in mandagen voor de uitvoering van het monitoringsprogramma Mermaid

		nul-fase	eerste fase van 5 jaar				
	Ref. in de MEB	Voor het begin van de werken	Construc- tiefase	.-> ....	Exploitatiefase		
		budget/per jaar	jaar 1	jaar 2	jaar 3	jaar 4	jaar 5
Coördinatie		64	64	64	64	64	64
Hydrodynamica en sedimentologie - personeel	6.6	31	31	110	110	110	30
Hydrodynamica en sedimentologie - materiaal	6.6	21	20	20	20	0	0
Onderwatergeluid - personeel	7.6.1	20	58	58	30	30	30
Onderwatergeluid - materiaal	7.6.1	18	18	18	18	0	0
Data	8.5.3	20	20	20	20	20	20
Benthos - Hard substraat	10.6.1	0	32	32	32	32	32
Benthos - Hard substraat materiaal	10.6.1	0	0	18	18	18	18
Benthos - Zacht substraat	10.6.2	110	58	58	58	58	58
Benthos - Zandspiering	10.6.3	50	0	0	0	50	0
Zeezoogdieren - personeel	11.6	60	60	60	60	60	60
Zeezoogdieren - materiaal	11.6	15	15	35	60	60	40
Avifauna en vleermuizen - personeel	12.6	80	80	80	80	74	74
Avifauna en vleermuizen - materiaal	12.6	42	11	11	11	25	0
Zeezicht	15.6	0	0	3	1	0	0
<b>TOTAAL</b>		<b>531</b>	<b>467</b>	<b>587</b>	<b>582</b>	<b>601</b>	<b>426</b>

## 18. Besluit

De aanvraag van de thv Mermaid tot het verkrijgen van een vergunning en machtiging voor de bouw en exploitatie van het Mermaid windpark inclusief (verbindings, export en park)kabels en een WEC pilootproject in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België werd onderzocht en beoordeeld door de experts van de BMM. De invloed van de aangevraagde activiteit werd in deze beoordeling onderzocht voor de volgende disciplines:

- Klimaat en atmosfeer;
- Hydrodynamica en sedimentologie;
- Geluid en seismisch onderzoek;
- Risico en veiligheid;
- Schadelijke stoffen;
- Benthos en visgemeenschappen;
- Zeezoogdieren;
- (Zee)vogels en vleermuizen;
- Elektromagnetische velden en warmtedissipatie;
- Interactie met andere menselijke activiteiten;
- Zeezicht;
- Cultureel erfgoed.

### *18.1 Aanvaardbaarheid windpark en kabels*

Op basis van de voorafgaande beoordelingen (hoofdstuk 5 tot 16) kan besloten worden dat deze aanvraag aanvaardbaar is wat betreft de effecten op de disciplines behandeld in deze milieueffectenbeoordeling en dit voor de alternatieven besproken in de aanvraag. Deze aanvaardbaarheid is gekoppeld aan een inachtnaam van de toepasselijke mitigerende maatregelen en voorwaarden die in deze milieueffectenbeoordeling geformuleerd worden en die tot doelstelling hebben om de impact op het mariene milieu, conflicten met andere gebruikers van het Belgisch deel van de Noordzee, schade aan het cultureel erfgoed en risico op verontreinigingen te vermijden of op zijn minst tot een aanvaardbaar minimum te herleiden.

### *18.2 Aanbevelingen*

Analyse van de verschillende alternatieven heeft uitgewezen dat de te verwachten effecten voornamelijk verschillen afhankelijk van de te gebruiken funderingstypes of installatietechnieken. Zo zal de installatie en gebruik van een gravitaire fundering slechts een beperkte verhoging van het achtergrondgeluid veroorzaken, waar stalen funderingen een duidelijke verhoging van het onderwatergeluidsniveau veroorzaken zowel tijdens exploitatie (lokaal) als tijdens het heien (over een zeer groot, grensoverschrijdend gebied). Daarentegen vereist de installatie van een groot aantal gravitaire funderingen (38 GBF in configuratie 2) dat er tot ca. 3.500.000 m<sup>3</sup> sediment wordt gebaggerd en teruggestort wat een verhoogde turbiditeit en ernstige verstoring van het benthos met zich meebrengt terwijl dit voor de installatie van monopiles of jacketfunderingen beduidend minder zal zijn. Ook de rifeffecten zullen groter zijn bij gebruik van gravitaire funderingen. Op basis van de huidige beschikbare informatie lijkt de suction bucket techniek met stalen funderingen de minste effecten te veroorzaken op het mariene milieu aangezien deze bijvoorbeeld bij installatie slechts een beperkte verstoring zal veroorzaken m.b.t. onderwatergeluid in vergelijking tot het heien van monopile of jacket funderingen en in tegenstelling tot gravitaire funderingen niet vereisen dat er grote

hoeveelheden extra zand gebaggerd en gestort wordt. Deze suction bucket techniek werd echter tot nog toe niet op grote schaal toegepast en het is bijgevolg niet zeker of deze installatietechniek een volwaardig alternatief vormt.

Het is aangewezen dat men bij de realisatie van het project de verdere ontwikkeling van de funderingstypes en installatietechnieken opvolgt en gebruik maakt van de best beschikbare bewezen technologische alternatieven (best practicable environmental option).

### *18.3 Monitoring windpark*

Zowel in het milieu-effectenrapport (IMDC, 2014a) als in de voorafgaande hoofdstukken van deze milieueffectenbeoordeling komen een aantal onzekerheden en/of leemtes in de kennis aan bod met betrekking tot de effecten van de realisatie van het windpark op het mariene milieu. Met mariene milieu wordt in eerste instantie verstaan het ecosysteem van de zeegebieden, met inbegrip van de fysische, chemische, geologische en biologische componenten ervan en de functionele verbanden tussen die componenten, maar ook ecosysteemfuncties en milieuwaarden van de zeegebieden die rechtstreeks of onrechtstreeks van nut zijn voor de gebruikers van de zee en de mens in het algemeen aanbelangen. In het kader van deze MEB werd een monitoringsplan opgesteld dat moet toelaten de directe en indirecte, secundaire, cumulatieve en synergetische, permanente en tijdelijke, positieve en negatieve effecten vast te stellen van de activiteit op het mariene milieu op korte, middellange en lange termijn. De uitvoering van dit monitoringsplan vormt één van de voorwaarden met betrekking tot de aanvaardbaarheid van het Mermaid project.

### *18.4 Aanvaardbaarheid en evaluatie WEC pilootproject*

In het MER (IMDC, 2014a) werden, naast het windpark, ook scenario's besproken met tot 60 MW geïnstalleerd vermogen aan WEC's. Echter, aangezien de in het MER beschouwde WEC-systemen nog volop in ontwikkeling zijn en er nog grote onzekerheden bestaan over zowel de economische als industriële risico's van dit aspect van het Mermaid project alsook grote leemtes in de kennis bestaan over de te verwachten effecten op het mariene milieu, werd in de huidige aanvraag slechts een pilootproject rond golfenergieconvertoren voorzien waarbij, binnen één proefveld, één of meerdere WEC-systemen in de vrije zone tussen de windturbines worden geplaatst. Dit pilootproject heeft als hoofddoel de technische haalbaarheid en de onzekerheden over de effecten op het mariene milieu van deze nieuwe technologie in het veld te evalueren.

Omwille van de beperkte schaal van dit WEC pilootproject is het aanvaardbaar wat betreft de effecten op de disciplines behandeld in deze milieu-effectenbeoordeling en dit ondanks de vele in het MER en de MEB geïdentificeerde leemtes in de kennis. Net als voor het windpark is deze aanvaardbaarheid gekoppeld aan een inachtnaam van de toepasselijke mitigerende maatregelen en voorwaarden die in deze milieueffectenbeoordeling geformuleerd worden en die tot doelstelling hebben om de impact op het mariene milieu, conflicten met andere gebruikers van het Belgisch deel van de Noordzee, schade aan het cultureel erfgoed en risico op verontreinigingen te vermijden of op zijn minst tot een aanvaardbaar minimum te herleiden. Zo zal er van de vergunninghouder verwacht worden dat deze een aantal onderzoeken uitvoert naar de invloed van de gebruikte toestellen op het mariene milieu (zie hoofdstuk 4 tot 15).

## 19. Referenties

- Ahlén I., Bach, L.; Baagøe H.J. en Petterson, J., 2007. Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. Swedish Environmental Protection Agency, 37 pp.
- Ahlén I., Baagøe H.J. & Bach L., 2009. Behaviour of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy*, 90(6):1318–1323.
- Alerstam, T., 1990. Bird migration. Cambridge University Press, Cambridge. 420 pp.
- Anoniem, 2004. Offshore wind farms: guidance note for environmental impact assessment in respect of FEPA and CPA requirements. Centre for environment, fisheries and aquaculture science (CEFAS) on behalf of the Marine Consents and Environment Unit (MCEU), 45 pp.
- Arcadis, 2012. Milieueffectenrapport Nemo-Link, 257 pp.
- ASCOBANS, 2011. Summary Record of the 18th Meeting of the Advisory Committee. UN Campus, Bonn, Germany, 4-6 May 2011.
- ASCOBANS, 2013. Activities of the Noise Working Group. 20th ASCOBANS Advisory Committee Meeting, Warsaw, Poland, 27-29 August 2013, doc. AC20/Doc.3.2.1.a; b; c; d
- Bach, P., Bach, L., Ekschmitt, K. & Frey, K., 2013. Bat activity at different wind facilities in Northwest Germany. Presented at CWE 2013 in Stockholm.
- Baeye, M. and M. Fettweis, 2014. In situ observations of turbid plumes at an offshore wind farm. Submitted to *Geo-Marine Letters*.
- Bailey, H., B. Senior, D. Simmons, J. Rusin, G. Picken & P. M. Thompson, 2010. Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. *Marine Pollution Bulletin* 60: 888–897.
- Band, B., 2012. Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore wind farms. British Trust for Ornithology.
- Band, W., Madders, M. & Whitfield, D.P., 2007. Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. M. de Lucas, G.F.E. Janss & M. Ferrer. *Birds and Wind Farms: Risk Assessment and Mitigation*. Quercus. Madrid. pp. 259 – 275.
- Barthelmie, R.J., Frandsen, S.T., Nielsen, M. N., Pryor, S.C., Rethore, P.E. & Jørgensen, H. E., 2007. Modelling and measurements of power losses and turbulence intensity in wind turbine wakes at Middelgrunden offshore wind farm. *Wind Energy* 10, pages 517–528
- Bassett, C.; Thomson, J., Polagye, B., & Rhinefrank, K. Underwater noise measurements of a 1/7th scale wave energy converter OCEANS 2011, pp. 1-6.
- Belgian Ocean Energy Assessment (BOREAS). Final Report. P. Mathys, J. De Rouck, L. Fernandez, J. Monballiu, D. Van den Eynde, R. Delgado, A. Dujardin - Brussels : Belgian Science Policy Office 2012 – 171 p. (Research Programme Science for a Sustainable Development).
- Belgische Staat, 2012. Omschrijving van Goede Milieutoestand en vaststelling van Milieudoelen voor de Belgische mariene wateren. Kaderrichtlijn Mariene Strategie – Art 9 & 10. BMM, Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Brussel, België.
- BERR – Department for Business Enterprise & Regulatory Reform in association with Defra (2008). Review of cabling techniques and environmental effects applicable to the offshore wind farm industry. Technical report.
- Berrevoets, C.M., Strucker, R.C.W., Arts, F.A., Lilipaly, S.J. & Meininger, P.L.M., 2005. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2003/2004: inclusief de tellingen in 2002/2003. RIKZ Rapport 2005.011. Middelburg, Nederland.

Betke, K. (2008). Measurement of wind turbine construction noise noise at Horns Rev II - Unpublished report submitted to Bioconsult SH. Oldenburg ITAP.

BirdLife International (2012) More research is needed into the impact of wave and tidal energy devices on seabirds. Presented as part of the BirdLife State of the world's birds website. Available from: <http://www.birdlife.org/datazone/sowb/casestudy/489>. Checked: 15/12/2014

BMM, 2004. Bouw en exploitatie van een windpark op de Thorntonbank in de Noordzee: Milieueffectenbeoordeling van het project ingediend door de n.v. C-Power, 156 pp.

BMM, 2006. Milieueffectenbeoordeling van de Aanvraag van de n.v. C-Power tot wijziging van de vergunning en machtiging voor het bouwen, inclusief de aanleg van kabels, en het exploiteren van een min 216 - max 300 MW farshore windenergiepark op de Thorntonbank, 45 pp.

BMM, 2007. Milieueffectenbeoordeling van het BELWIND offshore windpark op de Bligh Bank, 182 pp.

BMM, 2009. Milieueffectenbeoordeling van het ELDEPASCO offshore windpark op de Bank zonder Naam, 169 pp.

Bochert T. en Zettler M., 2004. Long-term exposure of several marine benthic animals to static magnetic fields. *Bioelectromagnetics* (25) 498-502.

Bolle, A., M. Mathys en P. Haerens, 2013a. How the Belgian wind farm business made us discover the challenging environment of marine sand dunes. In: V. Van Lancker and T. Garlan (eds.). *Proceedings of 4th International Conference on Marine and River Dune Dynamics*, 15-16 April 2013, Brugge, Belgium, 45-52.

Bolle, L.J. ; de Jong, C.A.F.; Bierman, S.M.; van Beek, P.J.G.; Wessels, P.W.; Blorn, E.; van Damme, C.J.G.; Winter, H.V. en Dekeling, R.P.A. 2013b. Do pile-driving sounds cause mortality in larval fish? Presented at the WinMon.BE conference 2013. Environmental impacts of offshore wind farms – Learning from the past to optimize future monitoring programmes, 26-28 November 2013, Brussels, Belgium.

Bolle, L.J.; de Jong, C.A.F.; Bierman, S.M. et al., 2011. Shortlist masterplan wind. Effect of piling noise on the survival of fish larvae (pilot study). 138 pp.

Bonne, W., (2003). Benthic copepod communities in relation to natural and anthropogenic influences in the North Sea. Gent, Belgium: University of Gent, Ph.D. thesis, 289p.

Boon, A.R. & Heinis, F., 2009. Nadere informatie effecten aanleg windparken op zeehonden NCP. Royal Haskoning Nederland B.V. Ref. 9V2637/N00002/901982/1

Boyd I., Brownell B., Cato D., Clarke C., Costa D., Evans P., Gedanke J., Gentry R., Gisner B., Gordon J., Jepson P., Miller P., Rendell L., Tasker M., Tyack P., Vos E., Whitehead H., Wartzok D., Zimmer W. 2008. The effects of anthropogenic sound on marine mammals. A draft research strategy. European Science Foundation Marine Board Position paper 13. 92 pp.

Brabant R. & Jacques T.G., 2009, Research strategy and equipment for studying flying birds in wind farms in the Belgian part of the North Sea. In: Degraer, S. & Brabant, R. (Eds.) (2009) *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring*. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 9, pp. 223-235.

Brabant, R., S. Degraer en B. Rumes, 2011. Offshore wind energy development in the Belgian part of the North Sea en anticipated impacts: an update. In: Degraer, S., R. Brabant en B. Rumes (Eds.) (2011). *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit, 157 pp. + annex.

Brabant, R., Vigin, L., Stienen, E.W.M., Vanermen, N. & Degraer, S., 2012a, Radar research on the impact of offshore wind farms on birds: Preparing to go offshore. In: Degraer, S., Brabant, R. en Rumes, B., (Eds.) (2012). *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts*.



Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine ecosystem management unit. Chapter 8: 111-126.

Brabant, R.; S. Degraer en B. Rumes, 2012b. Offshore wind energy development in the Belgian part of the North Sea & anticipated impacts: an update in: Degraer, S.; R. Brabant & B. Rumes (Eds.). 2012. Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 2: 9-16.

Brabant, R.; S. Degraer en B. Rumes, 2013. Monitoring offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Setting the scene. In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., (Eds.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD natural environments, Marine ecosystem management unit. Chapter 2: 14-23.

Brandt, M.J., Höschle, C., Diederichs, A., Betke, K., Matuschek, R., Witte, S. & Nehls, G., 2012. Effectiveness of a sealscarer in deterring harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and its application as a mitigation measure during offshore pile driving. Bioconsult SH report, Husum, Germany.

Brasseur, S., Reijnders, P. & Meesters, E., 2006. Baseline data on harbour seals, *Phoca vitulina*, in relation to the intended wind farm site OWEZ, in the Netherlands. Report Number: OWEZ-R-252-20061020. IMARES Wageningen UR, The Netherlands.

Brasseur, S., van Polanen Petel, T., Aarts, G., Meesters, E., Dijkman, E. & Reijnders, P., 2010a. Grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Dutch North sea: population ecology and effects of wind farms. Report number C137/10, IMARES Wageningen UR, The Netherlands.

Brasseur, S.M.J.M., Scheidat, M., Aarts, J.S.M., Cremer, G.M. & Bos, O.G., 2008. Distribution of marine mammals in the North Sea for the generic appropriate assessment of future offshore wind farms. Report C046/08, IMARES Wageningen UR, The Netherlands.

Brasseur, S., Aarts, G., Meesters, E., van Polanen-Petel, T., Dijkman, E., Cremer, J. & Reijnders, P., 2010b . Habitat preferences of harbour seals in the Dutch coastal area: analyses and estimate of effects of offshore wind farms. IMARES Report number: OWEZ R 252 T1 20100929 p 55

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L., Thomas, L., 2001. Introduction to Distance Sampling: estimating abundance of biological populations. Oxford University Press.

Burd, A.C. (1985) Recent changes in the central and southern North Sea herring stocks. Can. J. Fish. Aquatic Sci., 42 (Suppl 1): 192-206

Buurma, L.S., 1987, Patronen van hoge vogeltrek boven het Noordzeegebied in Oktober. Limosa, 60: 63-74.

Camphuysen, K.C.J., 2011, Lesser Black-backed Gulls nesting at Texel: Foraging distribution, diet, survival, recruitment and breeding biology of birds carrying advanced GPS loggers. Royal Netherlands Institute for Sea Research (Royal NIOZ), Marine ecology department. NIOZ-Report 2011-05, 75pp.

Carter, C.J., Wilson, B. & Black, K. 2008. Marine renewable energy devices: a collision risk for marine mammals? Proceedings of the ASCOBANS/ECS workshop: offshore wind farms and marine mammals: impacts & methodologies for assessing impacts. San Sebastian, Spain, 21st April 2007. ECS special publication series no. 49 Feb 2008. European Ocean Energy Association (2010).

Castro, J.J., Santiago, J.A., Santana-Ortega, A.T., 2001. A general theory on fish aggregation to floating objects: an alternative to the meeting point hypothesis. Reviews in Fish Biology and Fisheries 11, 255e277.

Christensen, T.K., Clausager, I. en Petersen, I.K., 2003, Base-line investigations of birds in relation to an offshore wind farm at Horns Rev, and results from the year of construction. Commissioned report to Tech-wise A/S. National Environmental Research Institute. 65 pp.

Christian C. Voigt, C.C., Popa-Lisseanu A.G., Niermann, I, Kramer-Schadt, S. (2012). The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. Biological Conservation 153:80–86.

CMACS, 2003. A baseline assessment of electromagnetic fields generated by offshore windfarm cables. COWRIE Report EMF-01-2002 66. 71pp.

CMS, 2012. Scientific synthesis on the impacts of underwater noise on marine and coastal biodiversity and habitats. UNEP SBSTTA, 16th meeting, Montreal, Canada, 30 April-5 May 2012, doc. UNEP/CBD/SBSTTA/16/INF/12

Coates, D., J. Vanaverbeke, M. Rabaut en M. Vincx, 2011. Soft-sediment macrobenthos around offshore wind turbines in the Belgian Part of the North Sea reveals a clear shift in species composition. in: Degraer, S., R. Brabant en B. Rumes (Eds.) (2010). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of natural sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine Ecosystem Management Unit. Chapter 6: 47-63.

Coates, D.; Vanaverbeke, J.; Vincx, M., 2012. Enrichment of the soft sediment macrobenthos around a gravity based foundation on the Thorntonbank, in: Degraer, S., R. Brabant en B. Rumes (Eds.). (2012). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. Chapter 4: pp. 41-54

Coates, D.A., Van Hoey, G., Colson, L., Vincx, M., Vanaverbeke, J. (2013) Rapid macrobenthic recovery after construction activities of an offshore wind farm in the Belgian part of the North Sea. In: Coates D. A., The effects of offshore wind farms on macrobenthic communities in the North Sea, PhD thesis, Ugent

Coates, D.; Deschutter, Y.; Vincx, M.; Vanaverbeke, J. (2013). Macrobenthic enrichment around a gravity based foundation, in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. pp. 141-151.

CONCERE-ENOVER, 2010. National renewable energy action plan [http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency\\_platform/doc/national\\_renewable\\_energy\\_action\\_plan\\_belgium\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_belgium_en.pdf).

Connor, D.W.; Allen J. H.; Golding, N., Howell, K.L.; Lieberknecht, L.M.; Northen, K.; Reker, J.B. (2004). The Marine Habitat Classification for Britain and Ireland Version 04.05. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.

Cook EJ, Jahnke M, Kerckhof F, Minchin D, Faasse M, Boos K, Ashton G, 2007. European expansion of the introduced amphipod *Caprella mutica* Schurin 1935. Aquatic Invasions, 2(4):411-421.

Corten, A (2001). Herring and Climate. PhD Thesis, Rijksuniversiteit Groningen, The Netherlands. 228pp.

Cushing D.H., Burd A.C. (1957). On the herring of the southern North Sea. Fishery Investigations, London, Ser II, 20 (11): 1-31

Dahl L. and Dahl K., 2002: "Temporal, spatial and substrate-dependent variations of. Danish hard-bottom macrofauna", Helgol. Mar. Res., Vol. 56:1–21

Dähne, M., A. Gilles, K. Lucke, V. Peschko, S. Adler, K. Krügel, J. Sundermeyer & U. Siebert, 2013. Effects of pile-driving on harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) at the first offshore wind farm in Germany. Environmental Research Letters 8, 025002.

Dähne, M, V. Peschko, A. Gilles, K. Lucke, S. Adler, K. Ronneberg & U. Siebert, 2014. Marine mammals and windfarms: Effects of alpha ventus on harbour porpoises. In Beierdorf, A. & K. Wollny-Goerke (eds), Ecological research at the offshore windfarm alpha ventus - challenges, results and perspectives. Springer Fachmedium, Wiesbaden, Germany: 133-149.

Dalhoff, P. & F. Biehl., 2005. Ship Collision, Risk Analysis – Emergency systems – Collision dynamics, 11 pp.

Davies, I. and Band, B., 2012. Turbine height as a management tool for collision risk to birds at offshore wind farms. ICES ASC 2012/O:8.

De Backer, A., Moulaert, I., Hillewaert, H., Vandendriessche, S., Van Hoey, G., Wittoeck, J. and Hostens, K. (2010). Monitoring the effects of sand extraction on the benthos of the Belgian Part of the North Sea. ILVO-report, 117.

De Blauwe, H.; Kind, B.; Kuhlenkamp, R.; Cuperus, J.; van der Weide, B.; Kerckhof, F. (2014). Recent observations of the introduced *Fenestrulina delicia* Winston, Hayward & Craig, 2000 (Bryozoa) in Western Europe. Studi Trent. Sci. Nat. 94: 45-51

de Jong, C. A. F., & Ainslie, M. A. (2008). Underwater radiated noise due to the piling for the Q7 Offshore Wind Park. Paper presented at the Acoustics 08, Paris. conference paper retrieved from

De Maerschalck, V., K. Hostens, J. Wittoeck, K. Cooreman, Magda Vincx & S. Degraer (2006). Monitoring van de effecten van het Thornton windpark op de benthische macro-invertebraten en de visfauna van zachte substraten – Referentietoestand. Eindrapport. Ugent-DvZ report. MUMM.

De Mesel I., Kerckhof F., Rumes B., Norro A., Houziaux J.-S. & Degraer S. (2013). Fouling community on the foundations of wind turbines and the surrounding scour protection. In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., (Eds.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD natural environments, Marine ecosystem management unit. pp. 123-137.

Degraer, S. & Vincx, M., 1995. Onderzoek naar de ruimtelijke variatie van het macrobenthos voor de Westkust in functie van de ecologische bijsturing van een kustverdedigingsproject. Eindrapport BNO/NO/1994 (AMINAL, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap), Ghent University, Gent.

Degraer, S., Vincx, M., Meire, P. & Offringa, H., 1999. The macrozoobenthos of an important wintering area of the Common scoter (*Melanitta nigra*). Journal of the Marine Biological Association of the U.K., 79:243-251.

Degraer, S., E. Verfaillie, W. Willems, E. Adriaens, M. Vincx & V. Van Lancker, 2008. Habitat suitability modelling as a mapping tool for macrobenthic communities: An example from the Belgian part of the North Sea. *Continental Shelf Research*, 28(3):369-379. doi: 10.1016/j.csr.2007.09.001.

Degraer, S., U. Braeckman, J. Haelters, K. Hostens, T. Jacques, F. Kerckhof, B. Merckx, M. Rabaut, E. Stienen, G. Van Hoey, V. Van Lancker & M. Vincx (2009). Studie betreffende het opstellen van een lijst van potentiële Habitatrichtlijngebieden in het Belgische deel van de Noordzee. Final report i.o.v. FSP Environment, Marine Environment. 93 pp.

Degraer, S., R. Brabant & B. Rumes, 2010. Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute of natural sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine Ecosystem Management Unit, 212 pp.

Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.), 2012. Offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Department MUMM, Brussels.

Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.), 2013. Environmental impacts of the offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: learning from the past to optimize future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels.

Degraer, S., F. Kerckhof, J. Reubens, N. Vanermen, I. Demesel, B. Rumes, E. Stiene, S. Vandendriessche and M. Vincx, 2013. Not necessarily all gold that shines: appropriate context setting needed. In: Degraer, S., R. Brabant and B. Rumes (eds.). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels, Belgium, 174-181.

Degrendele, K.; Roche, M.; Schotte, P.; Van Lancker, V.; Bellec, V.; Bonne, W. (2010). Morphological evolution of the Kwinte Bank central depression before and after the cessation of aggregate extraction J. Coast. Res. SI 51: 77-86

Dekoninck L. and Botteldooren D. 2010. C-Power Immissiemetingen bij de off-shore windturbines. Universiteit Gent report. 22pp

Department of Energy and Climate Change (DECC), 2008a. Review of Round 1 sediment process monitoring data – lessons learnt. A Report for the Research Advisory Group. Final Report, 23 pp + App. (107 pp).

Department of Energy and Climate Change (DECC), 2008b. Dynamics of scour pits and scour protection – Synthesis report and recommendations (Milestones 2 and 3). A Report for the Research Advisory Group. Final Report, 18 pp + App. (96 pp).

Derous S., Verfaillie E., Van Lancker V., Courtens W., Stienen E.W.M., Hostens K., Moulart I., Hillewaert H., Mees J., Deneudt K., Deckers P., Cuvelier D., Vincx M., Degraer S., 2007, A biological valuation map for the

Belgian part of the North Sea: BWZee, Final report, Research in the framework of the BELSPO programme “Global chance, ecosystems and biodiversity” – SPSD II, March 2007, pp. 99 (+ Annexes)

Derous, S. (2007). Marine Biological Valuation as a decision support tool for marine management. PhD dissertation, Ghent University. 298 pp.

Desholm, M., Fox, A.D. en Beasley, P.D., 2005, Best practice guidance for the use of remote techniques for observing bird behaviour in relation to offshore wind farms (Cowrie) 94 pp.

Dierschke, V., O. Hüppop & S. Garthe, 2003. Populationsbiologische Schwellen der Unzulässigkeit für Beeinträchtigungen der Meeresumwelt am Beispiel der in der deutschen Nord- und Ostsee vorkommenden Vogelarten. Seevogel 24: 61-72.

DoE, 2009. US Department of Energy: Report to Congress on the Potential Environmental Effects of Marine and Hydrokinetic Energy Technologies.

Dolman, S.J. & Simmonds, M.P., 2010. Towards best environmental practice for cetacean conservation in developing Scotland's marine renewable energy. Marine Policy 34, 1021-1027.

Drewitt, A.L. en Langston, R.H.W., (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. (Ibis) 148, 29 – 42.

Dulière, V. en Rumes, B., 2014. Oil spill drift study for the Mermaid offshore energy park., RBINS-MUMM Report, Royal Belgian Institute of Natural Sciences, 7 pp.

Edrén, S.M.C., Andersen, S.M., Teilmann, J., Carstensen, J., Harders, P.B., Dietz, R. & Miller, L.A., 2010. The effect of a large Danish offshore wind farm on harbor and gray seal haul-out behavior. Marine Mammal Science 26(3): 614-634. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2009.00364.x

Edrén, S.M.C., Teilmann, J., Dietz, R. & Carstensen, J., 2004. Effects from the construction of Nysted Offshore Wind Farm on seals in Rødsand seal sanctuary based on remote video monitoring. Report commissioned by ENERGI E2 A/S. Ministry of the Environment, Denmark. 33 p.

Erickson, W.P., Johnson, G.D., Strickland, M.D., Young, D.P., Jr Sernja, K.J. & Good, R.E., 2001, Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States. Western EcoSystems Technology Inc. National Wind Coordinating Committee Resource Document. <http://www.nationalwind.org/publications/avian.htm>

European Commission, 2014. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS: A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030

Eurostat, 2013. Electricity production and supply statistics 2013

Everaert, J., in preparation. Aanvullingen op het rapport “Risico's voor vogels en vleermuizen bij geplande windturbines in Vlaanderen”. Aanzet voor beoordelings- en significantiekader. Research Institute for Nature and Forest, Brussels.

Flemtek\_IMDC, 2012. Radar en marifone communicatie – Windmolenpark Rentel – Radarstudie, 132 pp.

Flemtek\_IMDC, 2014. Radar en marifone communicatie – Windpark Mermaid – Northwester 2 Radarstudie, 182 pp.

Fox, A.D., Desholm, M., Kahlert, J., Christensen, T.K. en Petersen, I.B.K., 2006, Information needs to support environmental impact assessment of the effects of European marine offshore wind farms on birds (Ibis) 148, 129 – 144.

Frid, C.; Andonegi, E.; Depestele, J.; Judd, A.; Rihan, D.; Rogers, S.I.; Kenchington, E. (2011). The environmental interactions of tidal and wave energy generation devices. Environ. Impact. Asses. Rev. 32(1): 133-139

- Fujii, T. (2012). Reef effect of offshore artificial structures on the distribution of gadoid fishes in the North Sea. The International Conference on the Environmental Interactions of Marine Renewable Energy Technologies (EIMR), Orkney, UK, May 2012.
- Furness, R.W., Wade, H.M. & Masden, E.A. 2013. Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms. *Journal of Environmental Management* 119: 56-66.
- Galagan, C., T. Isaji and C. Swanson, 2005. Estimates of seabed scare recovery from jet plow cable burial operations and possible cable exposure on Horseshoe Shoal from sand wave migration. ASA Report 05-128, Appendix 3.14-A, 16 pp.
- Geelhoed, S., Scheidat, M., Aarts, G., van Bemmelen, R., Janinhoff, N., Verdaat, H. & Witte, R., 2011. Shortlist masterplan wind aerial surveys of harbour porpoises on the Dutch Continental Shelf. IMARES, Wageningen Report number C103/11.
- Geelhoed, S.C.V., Scheidat, M., van Bemmelen, R.S.A. & Aarts, G., 2013. Abundance of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) on the Dutch Continental Shelf, aerial surveys in July 2010-March 2011. *Lutra* 56(1): 45-57.
- Gerdes, G., Jansen, A., Rehfeldt, K., Teske, S., (2005). Offshore Wind Energy – Implementing a New Powerhouse for Europe. Grid connection, environmental impact assessment. 164 pp.
- Gill A., Huang Y., Gloyne-Phillips I., Gloyne-Phillips, I., Metcalfe, J., Quayle, V., Spencer, J., (2009). EMF-sensitive fish response to EM emissions from sub-sea electricity cables of the type used by the offshore renewable energy industry. COWRIE report. Ref EP-2054-ABG. 68 pp.
- Gill, A.B. & Taylor, H., 2001. The potential effects of electromagnetic fields generated by cabling between offshore wind turbines upon elasmobranch fishes. Countryside Council for Wales, Contract Science Report 488.
- Gill, A.B., Gloyne-Phillips, I., Neal, K.J. & Kimber, J.A., 2005. Cowrie 1.5 Elektromagnetic Fields Review: The potential effects of electromagnetic fields generated by sub-sea power cables associated with offshore wind farm developments on electrically and magnetically sensitive marine organisms – a review. 90pp.
- Gordon J., Thompson D., Gillespie D., Lonergan M., Calderan S., Jaffey B and Todd V. 2007. Assessment of the potential for acoustic deterrents to mitigate the impact on marine mammals of underwater noise arising from the construction of offshore windfarm. COWRIE report DETER-01-2007.
- Grecian, W. J., Inger, R., Attrill, M. J., Bearhop, S., Godley, B. J., Witt, M. J. and Votier, S. C. (2010) Potential impacts of wave-powered marine renewable energy installations on marine birds. *Ibis* 152: 683–697.
- Grontmij (2006). Offshore windpark Katwijk – Milieueffectrapport. Definitief. In opdracht van WEOM. 335pp.
- Grontmij Vlaanderen, 2010. Monitoring van de effecten van far-shore windparken op het landschap- deel sociaal-landschappelijk onderzoek: eindrapport, 146 pp.
- Gyimesi A., Boudewijn, T.J., Poot, M.J.M., Buijs R.-J., 2011. Habitat use, feeding ecology and reproductive success of Lesser blackbacked gulls breeding in Lake Volkerak. pp. 64.
- Haelters, J., 2009. Monitoring of marine mammals in the framework of the construction and exploitation of offshore windfarms in Belgian marine waters. In: S. Degraer & R. Brabant (Eds.). Offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Department MUMM, Chapter 10: 237-266.
- Haelters, J., 2013. Opmerkelijke aantallen bruinvissen in de eerste helft van 2013. *De Strandvlo* 33(2): 55-58.
- Haelters J., Norro A. & Jacques T., 2009. Underwater noise emission during the phase I construction of the C-Power wind farm and baseline for the Belwind wind farm. In Degraer S. & Brabant R. Ed. Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. MUMM Bruxelles, 2009. 288pp and 7 annexes.
- Haelters, J., Van Roy, W., Vigin, L. & Degraer, S., 2012. The effect of pile driving on harbour porpoises in

Belgian waters. In: S. Degraer, R. Brabant & B. Rumes (Eds.). Offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Department MUMM, Chapter 9: 127-143.

Haelters, J., Vigin, L. & Degraer, S., 2013a. Attraction of harbour porpoises to operational offshore wind farms: what can be expected? In: S. Degraer, R. Brabant & B. Rumes (Eds.). Environmental impacts of the construction of offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels, Chapter 16: 166-171.

Haelters, J., Debusschere, E., Botteldooren, D., Dulière, V., Hostens, K., Norro, A., Vandendriessche, S., Vigin, L., Vincx, M., Degraer, S., 2013b . The effects of pile driving on marine mammals and fish in Belgian waters. In: S. Degraer, R. Brabant & B. Rumes (Eds.). Environmental impacts of the construction of offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels, Chapter 7: 70-77.

Haelters, J., Dulière, V., Vigin, L. & Degraer, S., 2014 (in press). Towards a numerical model to simulate the observed displacement of harbour porpoises *Phocoena phocoena* due to pile driving in Belgian waters. Hydrobiologia.

Haikonen, K. 2014. Underwater radiated noise from Point Absorbing Wave Energy Converters. Noise Characteristics and Possible Environmental Effects. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 1200. 62 pp. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis. ISBN 978-91-554-9097-3

Henriet, J.-P., Versteeg, W., Staelens, P., Vercruysse, J. & Van Rooij, D., 2006. Monitoring van het onderwatergeluid op de Thorntonbank: referentietoestand van het jaar nul, eindrapport. Studie in opdracht van het KBIN/BMM, rapport JPH/2005/sec15 , Renard Centre of Marine Geology Ghent University, Belgium July, 2006

Houziaux, J.-S., Kerckhof, F., Degrendele, K., Roche, M. & Norro A. (2008). The Hinder banks: Yet an important region for the Belgian marine biodiversity ('HINDERS'). Belgian Science Policy Office, Final report. 123 pp. + 131 pp. Annexes.

Huddelston, J. (ed) 2010. Understanding the environmental impacts of offshore windfarms COWRIE 138 pp.

Hüppop, O., Dierschke, J., Exo, K.M., Fredrich, E. en Hill R., 2006. Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines, Ibis 148: 90-109.

Hvidt, C.B. (2004). Electromagnetic fields and the effect on fish. Results from the investigations at Nysted Offshore Wind Farm. Presentation held at the conference Offshore Wind Farms and the Environment, Billund (DK) September 22nd 2004. IMDC, 2014. Milieu-effectenrapport Mermaid windpark. I/RA/11441/13.320/CPA/

ICES (2011). Sandeel in the Central Eastern North Sea (SA 3). Section 6.4.21.3 in Report of the ICES Advisory Committee 2011, Book 6, 366 pp.

IJsseldijk, L.L. & Begeman, L., 2013. Increase in strandings of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) on the Dutch coast in April and May 2013. Rapport van de Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit van Utrecht.

IJzer, S., 2010. Influence of surface waves on sand wave migration and asymmetry. Graduation report, June 2010, Dep. Civiele Techniek en Management, Universiteit Twente, 96 pp.

IMDC, 2012a. Milieueffectenrapport windpark Rentel, Rapport I/RA/11397/11.188/RDS 685 pp. + annexes.

IMDC, 2012b. Environmental Impact Assessment windmill farm Rentel. Numeric modelling of dredge plume dispersion. IMDC Report I/RA/11397/12.114/VBA, 58 pp.

IMDC, 2012c. Environmental Impact Assessment windmill farm Rentel. Numeric modelling of sediment transport. IMDC Report I/RA/11397/12.072/LWA, 47 pp.

IMDC, 2013a, Milieueffectenrapport windpark SeaStar. I/RA/11421/12.201/MIM, , 525 pp. + annexes.

- IMDC, 2013b. Milieueffectenrapport windpark SeaStar. Life cycle analysis. I/RA/11421/13.126/MGOLCA Seastar
- IMDC, 2014a Milieueffectenrapport windpark Mermaid en Northwester2. 651 pp. + annexes.
- IMDC, 2014b. Milieueffectenrapport windpark Mermaid en Northwester2. Life cycle analysis: windpark en kabels. I/RA/11441/14.014/MIM
- Inger, R., Attrill, M.J., Bearhop, .S., Broderick, A.C., Grecian, W.J., Hodgson, D.J., Mills, C., Sheehan, E., Votier, S.C., Witt, M.J. & Godley, B.J., 2009. Marine Renewable Energy: potential benefits to biodiversity? An urgent call for research. *Journal of Applied Ecology* 46, 1145–1153.
- IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report 133 pp.
- IWC, 2012. Report of the workshop on interactions between marine renewable projects an cetaceans worldwide. International Whaling Commission Report SC/64/Rep6, Panama City, Panama, 8-10 juni 2012, 32 pp.
- Jackson, A., 2014. Riding the waves: use of the Pelamis device by seabirds. Proceedings of the 2nd International Conference on Environmental Interactions of Marine Renewable Energy Technologies (EIMR2014), 28 April – 02 May 2014, Stornoway, Isle of Lewis, Outer Hebrides, Scotland.
- Jak, R.G.; Bos, O.G.; Witbaard, R. & Lindeboom, H.J., 2009. Instandhoudingsdoelen Natura 2000-gebieden Noordzee. IMARES, Rapport nummer C065/09, 177 pp.
- James, V., 2013. Marine renewable energy: a global review of the extent of marine renewable energy developments, the developing technologies and possible conservation implications for cetaceans. WDC, Whale and Dolphin Conservation, Chippenham, UK; ISBN 978-1-901386-34-9
- JNCC, 2010. JNCC Guidelines for minimising the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys. JNCC, Marine Advice, Aberdeen, Augustus 2010.
- JNCC, 2012. SACFOR abundance scale used for both littoral and sublittoral taxa from 1990 onward. <http://jncc.defra.gov.uk/page-2684> (page accessed on 10/10/2012).
- Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Shepherd, M.F., Shepherd, D.A. & Sarappo, S.A. 2002, Collision mortality of local and migrant birds at a large-scale windpower development on Buffalo Ridge, Minnesota. *Wildlife Soc. Bull.* 30: 879–887.
- Johnston, A., Cook, A., Wright, L., Humphreys, E. and Burton, N., 2014. Modelling flight heights of marine birds to more accurately assess collision risk with offshore wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 2014(51): 31 – 41.
- Karlsson, J., 1983, Faglar och vindkraft. Lund, Sweden: Ekologihuset.
- Kastelein, R. A., D. van Heerden, R. Gransier & L. Hoek, 2013. Behavioral responses of a harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) to playback of broadband pile driving sounds. *Marine Environmental Research* 92: 206-214.
- Kastelein, R.A., Hardemann, J. & Boer, H., 1997. Food consumption and body weight of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). In: Read, A.J., Wiepkema, P.R. & Nachtigall, P.E. (Eds). *The biology of the harbour porpoise*. De Spil Publishers, Woerden, Nederland: 217–234.
- Kerckhof, F.; Cattrijsse, A. (2001). Exotic Cirripedia (Balanomorpha) from buoys off the Belgian coast. *Senckenb. Marit.* 31(2): 245-254
- Kerckhof, F., J., Haelters & S., Gollasch (2007) Alien species in the marine and brackish ecosystem: the situation in Belgian waters. *Aquatic Invasions* 2(3): 243-257.
- Kerckhof, F., A., Norro & T.G., Jacques (2009) Early colonisation of a concrete offshore wind mill foundation by marine biofouling on the Thornton Bank (southern North Sea), in: Degraer S. & Brabant R. (Eds.) *Offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine Ecosystem Management Unit. pp. 39-51.

- Kerckhof, F.; Rumes, B.; Jacques, T.; Degraer, S.; Norro, A. (2010a). Early development of the subtidal marine biofouling on a concrete offshore windmill foundation on the Thornton Bank (southern North Sea): first monitoring results *Underwat. Technol.* 29(3): 137-149
- Kerckhof, F.; Rumes, B.; Norro, A.; Jacques, T.G.; Degraer, S. (2010b). Seasonal variation and vertical zonation of the marine biofouling on a concrete offshore windmill foundation on the Thornton Bank (southern North Sea), in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2010). *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability.* pp. 53-68
- Kerckhof, F.; Degraer, S.; Norro, A. en Rumes, B.; (2011). Offshore intertidal hard substrata: a new habitat promoting non-indigenous species in the Southern North-Sea: An exploratory study.
- Kerckhof, F.; Rumes, B.; Norro, A.; Houziaux, J.-S.; Degraer, S. (2012). A comparison of the first stages of biofouling in two offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea, in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2012). *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts.* pp. 17-39
- Kirshvink, J.L., (1997). Magnetoreception: homing in on vertebrates. *Nature* 390: 339-340.
- Klaustrup, M. 2006. Few effects on the fish communities so far. Pp. 64-79 in: DONG Energy Vattenfall, The Danish Energy Authorities and The Danish Forest and Nature Agency (eds.) *Danish Offshore Wind – Key Environmental Issues.* PrinfoHølbæk, Hedehusene. Available from <http://ens.netboghandel.dk/english/PUBL.asp?page=publ&objno=16288226>
- Koops, F. B. J., 2000. Electric and magnetic fields in consequence of undersea power cables. In: ICNIRP: *Effects of Electromagnetic Fields on the Living Environment*, pp. 189 – 210
- Kornman, B.A. en D.C. van Maldegem, 2002. Evaluatie van de effecten van het verspreiden van Boomse Klei in de Westerschelde. Eindrapportage monitoring boorspecie. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg, Rapport RIKZ 2002.052, 36 pp.
- Krijgsveld, K.L., Fijn, R.C., Heunks, C., van Horssen, P.W., de Fouw, J., Collier, M., Poot, M.J.M., Beuker, D. & Dirksen S., 2010, Effect studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee: Progress report on fluxes and behaviour of flying birds covering 2007 & 2008. 103 pp.
- Krijgsveld, K.L., Fijn, R.C., Japink, M., van Horssen, P.W., Heunks, C., Collier, M.P., Poot, M.J.M., Beuker, D. & Dirksen, S., 2011, Effect studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee, Final report on fluxes, flight altitudes and behaviour of flying birds. Bureau Waardenburg. 330 pp.
- Krone, R. , Gutow, L. , Brey, T. , Dannheim, J. and Schröder, A. (2013): Mobile demersal megafauna at artificial structures in the German Bight – Likely effects of offshore wind farm development , *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 125 , pp. 1-9 . doi: 10.1016/j.ecss.2013.03.012
- Kunz, T.H., Arnett, E.B., Erickson, W.P., Hoar, A.R., Johson, G.D., Larkin, R.P., Strickland, M.D., Thresher, R.W., Tuttle, M.D., 2007. Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Front. Ecol. Environ.* 5, 315–324.
- Lagerveld S., Jonge Poerink B., Verdaat H., Haselager R., 2013. Bat activity in Dutch offshore wind farms.
- Langton, R., Davies, I. M. and Scott, B. E. (2011) Seabird conservation and tidal stream and wave power generation: information needs for predicting and managing potential impacts. *Marine Policy* 35: 623–630.
- Lauwaert, B.; Bekaert, K.; Berteloot, M.; De Brauwier, D.; Fettweis, M.; Hillewaert, H.; Hoffman, S.; Hostens, K.; Mergaert, K.; Moulaert, I.; Parmentier, K.; Vanhoey, G.; Verstraeten, J. (2008). *Syntheserapport over de effecten op het maritieme milieu van baggerspeciestorringen (vergunningperiode 2006-'08).* Afdeling Maritieme Toegang/BMM/ILVO/Vlaamse Overheid. Afdeling Kust [S.l.]. 128 + 2 maps, CD-ROM pp.
- Leopold, M.F. & Camphuysen, K.C.J., 2007, Did the pile driving during the construction of the Offshore Wind Farm Egmond aan Zee, the Netherlands, impact local seabirds? *NoordzeeWind Rapport OWEZ R 221 Tc 20070525.* 28 pp.



- Leopold, M.F., Camphuysen, C.J., Verdaat, H., Dijkman, E.M., Meesters, H. W. G., Aarts, G. M., Poot, M. & Fijn, R., 2009, Local Birds in and around the Offshore Wind Park Egmond aan Zee (OWEZ) (T-0 en T-1) IMARES, Wageningen UR Report number: OWEZ R 221 T1 20100329, pp. 269.
- Leopold, M.F., Dijkman, E.M., Teal, L. & the OWEZ-Team, 2011, Local Birds in and around the Offshore Wind Park Egmond aan Zee (OWEZ) (T-0 & T-1, 2002-2010) IMARES, Wageningen UR Report number: OWEZ R 221 T1 20111220, pp. 269.
- Limpens H., Huitema H. & Dekker J., 2007. Vleermuizen en windenergie, Analyse van effecten en verplichtingen in het spanningsveld tussen vleermuizen en windenergie, vanuit de ecologische en wettelijke invalshoek. SenterNovem Rapport nr. 2006.50. 85 pp.
- Lindeboom H.J. & S.J. de Groot, Eds (1998). IMPACT-II: The effects of different types of fisheries on the North Sea and Irish Sea benthic ecosystems. Netherlands Institute for Sea Research. NIOZ-Rapport 1998-1. RIVO-DLO Report C003/98. EC-Contract AIR2-CT94-1664. 404 pp.
- Lindeboom, H.J.; Geurts van Kessel, A.J.M.; Berkenbosch, A. (2005). Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het Nederlands Continentaal Plat. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 2005.008. RIKZ: Den Haag. ISBN 90-369-3415-X. 104 pp.
- Lindeboom, H.J., Kouwenhoven, H.J., Bergman, M.J.N., Bouma, S., Brasseur, S., Daan, R., Fijn, R.C., de Haan, D., Dirksen, S., van Hal, R., Hille Ris Lambers, R., terHofstede, R., Krijgsveld, K.L., Leopold, M. & Scheidat, M., 2011, Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone: a compilation Environmental Research Letters 6 (2011) 035101 (13pp).
- Lucke, K., Lepper, P. A., Blanchet, M. A., & Siebert, U. (2011). The use of an air bubble curtain to reduce the received sound levels for harbor porpoises (*Phocoena phocoena*). J Acoust Soc Am, 130(5), 2406-3412.
- Maes, F., J. Schrijvers, V. Van Lancker, E. Verfaillie, S. Degraer, S. Derous, B. De Wachter, A/ Volckaert, A. Vanhulle, P. Vandenabeele, A. Cliquet, F. Douvere, J. Lambrecht en R. Makgill, 2005. Towards a spatial structure plan for sustainable management of the sea. Research in the framework of the BELSPO Mixed Actions – SPSPD II, Juni 2005. pp. 539.
- MARIN, 2011a. Veiligheidsstudie offshore windpark North Sea Power, 84 pp.
- MARIN, 2011b. Veiligheidsstudie offshore windpark North Sea Power – aanvullende studie, 97 pp.
- MARIN, 2013a. Veiligheidsstudie offshore windpark Seastar, 86 pp.
- MARIN, 2013b. Veiligheidsstudie Belgian Offshore Grid Elia, 41 pp.
- MARIN, 2014. Safety assessment study for offshore windfarms Mermaid and Northwester 2, 84 pp.
- Masden, E.A., D.T. Haydon, A.D. Fox, R.D. Furness, R. Bullman & M. Desholm, 2009, Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds. ICES Journal of Marine Science 66: 746-753.
- Masden, E.A., Fox, A.D., Furness, R.W., Bullman, R., & Haydon, D.T., 2010, Cumulative impact assessments and bird/wind farm interactions: developing a conceptual framework. Environmental Impact Assessment Review. Environmental Impact Assessment Review. 30:1-7.
- Mathys, M., 2009. The Quaternary geological evolution of the Belgian Continental Shelf, southern North Sea. Unpublished PhD thesis, Universiteit Gent, XXIV, 382, annexes.
- McA & Qinetiq, 2004. Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by Qinetiq and the Maritime and Coastguard agency, 84pp.
- Mitchell A., E. McCarthy, E. Verspoor, 1998. Discrimination of the North Atlantic lesser sandeels *Ammodytes marinus*, *A. tobianus*, *A. dubius* and *Gymnammodytes semisquamatus* by mitochondrial DNA restriction fragment patterns. Fisheries Research 36: 61–65.

- Morelissen, R., S. Hulscher, M.A.F. Knaapen, A.A. Németh and R. Bijker, 2003. Mathematical modelling of sand wave migration and the interaction with pipelines. *Coastal Engineering*, 48, 197-209.
- Morell, M., Degollada, E., Alonso, J.M., Jauniaux, T. & Andre, M., 2009. Decalcifying odontocete ears following a routine protocol with RDO (R). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 376: 55-58.
- Mott Mc Donald, 2011. Bligh Bank offshore wind farm. MUMM project monitoring. Concluding report executive summary, 16 pp
- Mueller-Blenkle, C., McGregor, P.K., Gill, A.B., Andersson, M.H., Metcalfe, J., Bendall, V., Sigray, P., Wood, D.T. & Thomsen, F. (2010) Effects of Pile-driving Noise on the Behaviour of Marine Fish. COWRIE Ref: Fish 06-08, Technical Report 31st March 2010
- Muller A and Zerbs C, 2011. Offshore wind farms. Measurement instruction for waterborne sound measurements. Muller-BBM GmbH, 21 pp. 2011
- Munk P., Nielsen J., 2005. Eggs and larvae of North Sea Fishes. ISBN: 978-87-913-1924-2.
- Murphy, S., Tougaard, J., Wilson, B., Benjamins, S., Haelters, J., Lucke, K., Werner, S., Brensing, K., Thompson, D., Hastie, G., Geelhoed, S., Braeger, S., Lees, G., Davies, I., Graw, K.-U. & Pinn, E., 2012. Assessment of the marine renewables industry in relation to marine mammals: synthesis of work undertaken by the ICES Working Group on Marine Mammal Ecology (WGMME). International Whaling Commission, IWC/64/SC MRED1; 71 pp.
- Murray, R.W., 1974. The ampullae of Lorenzini, In *Electroreceptors and other specialized organs in lower vertebrates*, (ed. A. Fessard). Springer-Verlag, New-York: 125-146.
- Nedwell J.R. and Howell D. A review of offshore windfarm related underwater noise sources. Report N° 544 R 0308 COWRIE oct 2004. 57 pp
- Nedwell J.R. Brooker A.G and Barham R.J, 2012. Assessment of underwater noise during the installation of export power cables at the Beatrice Offshore wind Farm. Subacoustech Environment Report N° E318R0106. 15 pp.
- Nehls, G., Betke, K., Eckelmann, S., & Ros, M. (2007). Assessment and costs of potential engineering solutions for the mitigation of the impacts of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms. COWRIE ENG-01-2007. COWRIE Ltd. (Collaborative Offshore Wind Research Into The Environment). London, UK. (pp. 47).
- Németh, A.A., 2003. Modelling offshore sand waves. PhD Thesis, University of Twente, 141 pp.
- Newell, R.C.; L.J. Seiderer and Hitchcock, D.R., 1998. The impact of dredging works in the coastal waters; a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Oceanography and Marine Biology, Ann. Rev.*, 36: 127-178.
- NIRAS Consulting Engineers and Planners A/S., 2009. Barrow Offshore Wind Farm. Post Construction Monitoring Report. Year 2.
- Norro A., J.Haelters, B.Rumes and S.Degraer 2010. Underwater noise produced by the piling activities during the construction of the Belwind offshore wind farm (Bligh Bank, Belgian marine waters). In Degraer, s., r. Brabant, b. Rumes ed., *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea. Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability*, 212 p.
- Norro A., B.Rumes and S.Degraer 2011. Characterisation of the operational noise, generated by offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea. in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2011). *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 157 pp. + annexes
- Norro, A., B. Rumes & S. Degraer, 2012. Differentiating between underwater construction noise of monopile and jacket foundation wind turbines: a case study from the Belgian part of the North Sea. In Degraer, S., R. Brabant & B. Rumes (eds), *Offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: heading for an*

understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels, Belgium: 145-155.

Norro A., Rumes B. and Degraer S. 2013 Differentiating between underwater construction noise of monopile and jacket foundations for offshore windmills. A case study from the Belgian Part of the North Sea. *The Scientific Journal*. Vol 2013, Article ID 897624, 7 pp.

NRC 2005. National Research Council. Marine Mammal Populations and Ocean Noise. Determining when noise causes biologically significant effects. The national academies press. Washington DC. 126 pp.

Orejas C., T., Joschko, A. Schröder, J., Dierschke, M., Exo, E., Friedrich, R., Hill, O., Hüppop, F., Pollehne, M.L., Zettler, R., Bochert (2005) Ökologische Begleitforschung zur Windenergienutzung im Offshore-Bereich auf Forschungsplattformen in der Nord- und Ostsee (BeoFINO), AP2 Prozesse im Nahbereich der Piles Nordsee. 161 – 234

OSPAR Commission, 2008. Background Document on potential problems associated with power cables other than those for oil and gas activities. Publication Number: 370/2008, 50pp.

OSPAR, 2009a. Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment. OSPAR Biodiversity Series.

OSPAR, 2009b: Assessment of the environmental impacts of cables. – Publication Number: 437/2009, 19pp.

OSPAR 2012a. Guidelines on Best Environmental Practice (BEP) in cable laying and Operation. OPSAR Commission, Agreement 2012-02. 16 pp.

OSPAR 2012b. Guidelines on Artificial Reefs in relation to Living Marine Resources. OSPAR Commission, Agreement 2012-03. 5 pp.

Parvin, S. J., Nedwell, J. R., & Workman, R. (2006). Undewater noise impact modelling in support of the London array, Greather Gabbard and Thanet offshore wind farm developments. Subacoustech Report N0 544R0424.

Patrício, S., Moura, A., & Simas. (2009). Wave Energy and Underwater Noise: State of Art and Uncertainties.

Pearson, T.H. (1968). The feeding biology of sea-bird species breeding on the Farne Islands, Northumberland. *Journal of Animal Ecology* 37: 521-552.

Pehlke, H.; Nehls, G.; Bellmann, M.; Gerke, P.; Diederichs, A.; Oldeland, J.; Grunau, C.; Witte, S. & Rose, A. (2013) Entwicklung und erprobung des Grossen blasenschleiers zur minderung der hydroshallemissionen bei offshore-rammarbeiten. BundesMinisterium für Umwelt, 243 pp.

Petersen J. K. & T. Malm, 2006. Offshore windmill farms: threats to or possibilities for the marine environment. *Ambio* 35 (2): 75-80.

Petersen, I.K., Christensen, T.K., Kahlert, J., Desholm, M. & Fox, A.D., 2006, Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. NERI Report request. Commissioned by DONG energy and Vattenfall A/S. National Environmental Research Institute. Ministry of the Environment. Department of Wildlife Ecology and Biodiversity. 161 pp.

Pieters, M., Demerre, I., Lenaerts, T., Zeebroek, I., De BIE, M., De Clercq, W., Dickinson, B., Monsieur, P., 2010. De Noordzee: een waardevol archief onder water. Meer dan 100 jaar onderzoek van strandvondsten en vondsten uit zee in België: een overzicht. *Relicta* 6, pp. 177-218.

Plonczkier, P. & Simms, I.C., 2012, Radar observations of migrating pink-footed geese: behavioural responses to offshore wind farm development. *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1111/j.1365-2664.2012.02181.x

Poléo, A.B.S., Johannessen, H.F., and Harboe, M. 2001. High voltage direct current (HVDC) sea cables and sea electrodes: effects on marine life. 1st. revision of the literature study. University of Oslo, Report, 50pp.

- Poot, M.J.M., van Horssen, P.W., Collier, M.P., Lensink, R., Dirksen, S., 2011, Effect studies Offshore Wind Egmond aan Zee: cumulative effects on seabirds. A modelling approach to estimate effects on population levels in seabirds. 247 pp.
- Popper A. N. & Hastings M. C. (2009). The effects of anthropogenic sources of sound on fishes. *Journal of Fish Biology* 75: 455–489
- Postuma, K.H., Saville, A. & Wood, R.J., (1977). Herring spawning grounds in the North Sea. ICES Cooperative Research Report n°61. 60 p.
- Prins, T.C., Twisk, F., van den Heuvel-Greve, M.J., Troost, T.A. & van Beek, J.K.L., 2008. Development of a framework for appropriate assessments of Dutch offshore wind farms. Deltares, rapport in opdracht van Rijkswaterstaat.
- Prins, T.C., van Beek, J.K.L. & Bolle, L.J., 2009, Modelschatting van de effecten van heien voor offshore windparken op de aanvoer van vislarven naar Natura 2000. Deltares rapport Z4832.
- Ramboll, 2009. Anholt Offshore Wind Farm – Analysis of risks to ship traffic, 150 pp.
- Reubens, J.; Degraer, S.; Vincx, M., 2009. The importance of marine wind farms, as artificial hard substrates, on the North Sea bottom for the ecology of the ichthyofauna, in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2009). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute of natural sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine Ecosystem Management Unit. pp. 53-60
- Reubens, J., Degraer, S. & Vincx, M., 2010, The importance of marine wind farms, as artificial hard substrata, for the ecology of the ichthyofauna. In: Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.), 2010, Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 pp. + annexes.
- Reubens, J.T., S. Degraer & M. Vincx, 2011a. Aggregation and feeding behaviour of pouting (*Trisopterus luscus*) at wind turbines in the Belgian part of the North Sea. *Fisheries Research*. 108 (1): 223 – 227.
- Reubens, J., Degraer, S. & Vincx, M., 2011b, Spatial and temporal movements of cod (*Gadus morhua*) in a wind farm in the Belgian part of the North Sea using acoustic telemetry, a VPS study. In: Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.), 2011, Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 5, pp. 39-46.
- Reubens, J.T., S. Degraer & M. Vincx, 2013. Offshore wind farms significantly alter fish community structure – Aggregation of Atlantic cod and pouting. in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. pp. 141-151.
- Richardson, W.J., 2000, Bird Migration and Wind Turbines: Migration Timing, Flight Behaviour, and Collision Risk. Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting II, 132–140. <http://Www.Nationalwind.Org/Publications/Avian.Htm>
- Robinson S., Theobald P., Hayman G., Wang L., Mepper P., Humphrey S., Mumford S. 2011. Measurement of noise arising from marine aggregate dredging operations. MALSF(MEPF Refno.09/P108) MALSF 144pp.
- Robinson, S.P. & Lepper, P.A., 2013. Scoping study: Review of current knowledge of underwater noise emissions from wave and tidal stream energy devices. The Crown Estate, UK.MER
- Rodrigues, L., L. Bach, M.-J. Dubourg-Savage, J. Goodwin & C. Harbusch (2008): Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. EUROBATS Publication Series No. 3 (English version). UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 51 pp
- Roos, P.C., 2008. Wie een kuil graaft, Conceptueel, 17, 2, 8-11.

Royal Haskoning, 2005. MER, SMB, Habitattoets BritNed-verbinding - Samenvatting. Uitgevoerd in opdracht van BritNed Development Limited. 82pp.

Rumes, B., Di Marcantonio, M., Brabant, R., Dulière, V., Degraer, S., Haelters, J., Kerckhof, F., Legrand, S., Norro, A., Van den Eynde, D., Vigin, L. & Lauwaert, B., 2011. Milieueffectenbeoordeling van het NORTHER offshore windpark ten zuidoosten van de Thorntonbank. BMM, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 190 pp.

Rumes, B.; Di Marcantonio, M.; Brabant, R.; Degraer, S.; Haelters, J.; Kerckhof, F.; Van den Eynde, D.; Norro, A.; Vigin, L. en Lauwaert, B. 2012a. Milieueffectenbeoordeling van het RENTEL offshore windpark ten noordwesten van de Thorntonbank en ten zuidoosten van de Lodewijkbank. BMM, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 206 pp.

Rumes, B., Di Marcantonio, M., Haelters, J. & Lauwaert, B., 2012b. Aanvraag van Rotary RS nv voor een machtiging voor een geofysische en geotechnische survey – zone SEASTAR: Milieueffectenbeoordeling (MEB) en advies van het Bestuur. Rapport van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (BMM), Brussel.

Rumes, B., Di Marcantonio, M., Brabant, R., Haelters, J., Kerckhof, F., Vigin, L., Lauwaert, B., 2013a. Milieueffectenbeoordeling van het NEMO Link Project Onderzoek van de aanvraag van de n.v. Elia voor een vergunning en machtiging voor de aanleg en de exploitatie van een HVDC interconnector in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België. Rapport van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (BMM), Brussel. 81 pp.

Rumes, B., Di Marcantonio, M., Haelters, J. & Lauwaert, B., 2013b. Aanvraag van ELIA Asset nv voor een machtiging voor een geofysische en geotechnische survey: Milieueffectenbeoordeling (MEB) en advies van het Bestuur. Rapport van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (BMM), Brussel.

Rumes, B., Coates, D., De Mesel, I., Derweduwen, J., Kerckhof, F., Reubens, J. en Vandendriessche S. 2013c Does it really matter? Changes in species richness and biomass at different spatial scales In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., (Eds.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD natural environments, Marine ecosystem management unit. 248 pp.

Rumes, B.; Di Marcantonio, M.; Brabant, R.; Demesel, I.; Dulière, V.; Haelters, J.; Kerckhof, F.; Norro, A., Van Den Eynde, D., Vigin, L. en Lauwaert, B. 2013d. Milieueffectenbeoordeling van het SEASTAR offshore windmolenpark ten noordwesten van de Lodewijkbank en ten zuidoosten van de Bligh Bank . BMM, OD Natuurlijk Milieu, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 188 pp.

Rumes, B.; Di Marcantonio, M.; Brabant, R.; De Mesel, I.; Degraer, S.; Haelters, J.; Kerckhof, F.; Norro, A., Schallier, R., Van Den Eynde, D., Vigin, L. en Lauwaert, B. 2014. Milieueffectenbeoordeling van het Belgian Offshore Grid. BMM, OD Natuurlijk Milieu, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 173 pp

Russell, D.J.F., Brasseur, S.M.J.M., Thompson, D., Hastie, G.D., Janik, F.M., Aarts, G., McClintock, B.T., Matthiopoulos, J., Moss, S.E.W. & McConnell, B., 2014. Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. *Current Biology* 24(14): 638–639.

Rustemeier, J., Griebmann, T. and Rolfes R. 2011. Use of bubble curtains to mitigate hydro sound levels at offshore construction sites. In *Underwater Acoustic Measurements Conference proceedings*. Papadakis J and Bjorno L (ed). pp 779-784

Rydell, J., Bach, L., Dubourg-Savage, M.-J., Green, M., Rodriguez, L., Hedenström, A., 2010. Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterol.* 12, 261–274.

Rydell, J.; Engstrom H., Hedenstorm A., Larsen J. K., Petersson J. En Green, M. 2012. The effect of wind power on birds and bats: A synthesis. *Swedish Environmental Protection Agency*, 159 pp.

Sæther, B. E. & Bakke, Ø, 2000. Avian life history variation and contribution of demographic traits to the population growth rate. *Ecology* 81, 642–653.

- Saleem, Z. (2011). Alternatives and modifications of monopole foundation or its installation technique for noise mitigation (pp. 68). Delft NL.
- Schaeck, M. (2011). Seasonal dynamics in the contribution of artificial hard substrated to the diet of pouting (*Trisopterus luscus*) and atlantic cod (*Gadus morhua*) in the Belgian part of the North Sea. M.Sc. Thesis, Ghent University, Gent, Belgium. 47 pp.
- Scheidat, M.; Tougaard, J.; Brasseur, S.; Carstensen, J.; van Polanen, T.; Petel, Teilmann, J.; en Reijnders, P.; 2011. Harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and wind farms: a case study in the Dutch North Sea. Environmental Research Letters 6, doi:10.1088/1748-9326/6/2/025102
- SenterNovem, 2005 .Handboek Risicozonering Windturbines, 2de geactualiseerde versie januari 2005 In SGS, 2007. Studie Windturbines en veiligheid. 64 pp.
- Seys, J., Offringa, H., Van Waeyenberge, J., Meire, P. & Kuijken, E., 1999, Ornithologisch belang van de Belgisch maritieme wateren: naar een aanduiding van kensoorten en sleutelgebieden. Nota IN 99/74.
- Sharples, R.J., Moss, S.E., Patterson, R.A. & Hammond, P.S., 2012. Spatial variation in foraging behaviour of a marine top predator (*Phoca vitulina*) determined by a large-scale satellite tagging program. PLoS ONE 7(5), e37216.
- Simmonds, M.P. & Brown, V.C., 2010. Is there a conflict between cetacean conservation and marine renewable-energy developments? Wildlife Research 37: 688–694.
- Simonini, R., I. Ansalonia, P. Boninia, V. Grandia, F. Graziosia, M. Iottia, G. Massamba-N'Sialaa, M. Mauria, G. Montanarib, M. Pretic, N. De Nigrisc, D. Prevedellia. Recolonization and recovery dynamics of the macrozoobenthos after sand extraction in relict sand bottoms of the Northern Adriatic Sea. 2007. Marine Environmental Research. 64 (5): 574-589
- Sips, H.J.J., (1988). Het belang van grindbodems in de Noordzee als paaiplaats voor de haring (*Clupea harengus* L.); voorstudie en onderzoeksvoorstel. Bureau Waardenburg bv, rapport 88.20. 19p.
- Slater M., Schultz A., Jones R., 2010. The prediction of electromagnetic fields generated by wave energy converters. Tasker, M.L., Amundin, M., Andre, M., Hawkins, A., Lang, W., Merck, T., Scholik-Schlomer, A., Teilmann, J., Thomsen, F., Werner, S. & Zakharia, M., 2010. MARINE STRATEGY FRAMEWORK DIRECTIVE, Task Group 11 Report: Underwater noise and other forms of energy. 44pp.
- Smith, E., 2002. BACI design. in: El-Shaarawi, A.H. and W.W. Piegorsch (Eds.). Encyclopedia of Environmetrics. Volume 1, pp 141–148. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
- Sparling, C.E., Coram, A.J., McConnell, B., Thompson, D., Hawkins K.R. & Northridge, S.P., 2013. Marine Mammal Impacts. Wave & Tidal Consenting Position Paper Series, Natural Environment Research Council, UK.
- Stienen, E.W.M., Van Waeyenberge, J. & Kuijken, E., 2002, De avifauna en zeezoogdieren van de Thorntonbank. Studie ter beoordeling en monitoring van de impact van een offshore windpark op de mariene avifauna en zeezoogdieren. Rapport IN.A.2002.244, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel. 60 pp.
- Stienen, E.W.M. & Kuijken, E., 2003, Het belang van de Belgische zeegebieden voor zeevogels. Rapport IN.A.2003.208.
- Stienen, E.W.M., Van Waeyenberghe, J. & Kuijken, E., 2007, Trapped within the corridor of the southern North Sea: the potential impact of offshore wind farms on seabirds. In: de Lucas, M., Guyonne, F.E. en Ferrer, M., 2007. Birds and wind farms: risk assessment and mitigation, p. 71 – 80.
- Stienen, E.W.M.; van Beers, P.W.M.; Brenninkmeijer, A.; Habraken, J.M.P.M.; Raaijmakers, M.H.J.E.; van Tienen, P.G.M., 2000. Reflections of a specialist: patterns in food provisioning and foraging conditions in sandwich tern *Sterna sandvicensis*. Ardea 88 (1): 33-49.
- Strucker, R.C.W., Arts, F.A. & Lilipaly, S., 2012. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2010/2011. RWS Waterdienst rapport BM 12.07. Vlissingen, Nederland: Ministerie van Infrastructuur en Milieu,

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat.

Tasker M.L., Amundin M., Andre M., Hawkins A., Lang B., Merck T., Sholik-Scholmer A., Teilmann J., Thomsen F., Werner S., Zakharia M, 2010. Indicator for the good environmental status for underwater noise and other form of energy. The main report of task group 11 for Marine Strategy Framework Directive's descriptor 11 Draft 11:01/2010. 39pp ICES/JRC report

Tasker, M.L., Jones, P.H., Dixon, T.J. & Blake, B.F., (1984). Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardised approach. *Auk* 101: 567-577.

Teilmann, J. & Carstensen, J., 2012. Negative long term effects on harbour porpoises from a large scale offshore wind farm in the Baltic—evidence of slow recovery. *Environ. Res. Lett.* 7 (2012) 045101. SCOS, 2011. Scientific advice on matters related to the management of seal populations: 2011. Sea Mammal Research Unit, St.-Andrews, Scotland; 127 pp.

Theobald P, Robinson S and Lepper P. 2011. Measurements of the underwater noise from offshore wind farm installation in the UK. Workshop 'Standard in Underwater noise, Hamburg June 2011.

Thompson, D., 2013. Assessment of risk to marine mammals from underwater marine renewable devices in Welsh waters. RPS, JER3688, on behalf of the Welsh Government, UK.

Thompson, D., Hall, A.J., Lonergan, M., McConnell, B. & Northridge, S., 2013. Current status of knowledge of effects of offshore renewable energy generation devices on marine mammals and research requirements. Edinburgh: Scottish Government, UK.

Thompson, P.M., Lusseau, D., Barton, T., Simmons, D., Rusin, J. & Bailey, H., 2010. Assessing the responses of coastal cetaceans to the construction of offshore wind turbines. *Marine Pollution Bulletin* 60(8):1200-1208.

TNO, 2010 Standards for measurements of underwater sound, Part I: Physical quantities and their units. 45 pp and two annexes. TNO 2010.

Tougaard et al., 2006. Harbour seals on Horns Reef before, during and after construction of Horns Rev Offshore Windfarm. Final Report to Vattenfall A/S. Biological papers from the Fisheries and Maritime Museum, no 5, Esbjerg, Denmark. Available online.

Tougaard J and Damsgaard Henrikssen, O: 2009. Underwater noise from three types of offshore wind turbines: Estimation of impact zones for harbor porpoises and harbor seals. *J. Acoust. Soc. Am.* 125(6).pp 3766-3773.

Tougaard, J., Wright, A.J. & Madsen, P.T., 2014. Cetacean noise criteria revisited in the light of proposed exposure limits for harbour porpoises. *Marine Pollution Bulletin*, in press; doi:10.1016/j.marpolbul.2014.10.051

Ullmann, A., A. Sterl, J. Monbaliu and D. Van den Eynde, 2009. Contemporary and future climate variability and climate change: impacts on sea-surge and wave height along the Belgian coast. Katholieke Universiteit Leuven, Hydraulics Laboratory, Internal Report, 54 pp.

Van Dalfsen, J.A.; Essink, K.; Toxvigmaden, H.; Birklund, J.; Romero, J., and Manzanera, M., (2000). Differential response of macrozoobenthos to marine sand extraction in the North Sea and the Western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 57(5), 1439-1445.

Van den Eynde, D.; Brabant, R.; Fettweis, M.; Francken, F.; Melotte, J.; Sas, M.; Van Lancker, V., 2010. Monitoring of hydrodynamic and morphological changes at the C-Power and the Belwind offshore wind farm sites: A synthesis, in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2010). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. pp. 19-36.

Van den Eynde, D., 2011. En wat met de stormen: worden die talrijker en/of krachtiger? De Grote Rede, aanvaard voor publicatie

Van den Eynde, D., R. De Sutter & P. Haerens, 2012. Climate change impact on marine storminess in the Belgian Part of the North Sea. 2012 *Natural Hazards and Earth System Sciences*.

Van den Eynde, D., M. Baeye, R. Brabant, M. Fettweis F. Francken, P. Haerens, M. Mathys, M. Sas & V. Van Lancker, 2013. Monitoring sediment and morphodynamics at the C-Power and Belwind offshore wind farms: a

- synthesis. In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., (Eds.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD natural environments, Marine ecosystem management unit. 34 - 47
- Van der Kooij Jeroen, Beth E. Scott b, Steven Mackinson, 2008. The effects of environmental factors on daytime sandeel. distribution and abundance on the Dogger Bank. *Journal of Sea Research* 60, pp 201–209.
- Van Hoey, G., S. Degraer & M. Vincx (2004). Macrobenthic communities of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 59: 601-615..
- Van Lancker, V.R.M.; Du Four, I.; Verfaillie, E.; Deleu, S.; Schelfaut, K.; Fettweis, M.; Van den Eynde, D.; Francken, F.; Monbaliu, J.; Giardino, A.; Portilla, J.; Lanckneus, J.; Moerkerke, G.; Degraer, S. (2007). Management, Research and Budgeting of Aggregates in Shelf Seas related to End-users (Marebasce). Belgian Science Policy: Brussel. 139 pp.
- van Moorsel, G.W.N.M. & H.W. Waardenburg (2001) Kunstmatige riffen in de Noordzee in 2001. De status 9 jaar na aanleg. Bureau Waardenburg bv, Culemborg, rapp. nr. 01-071, 35 pp.
- van Moorsel, G.W.N.M. (2003). Ecologie van de Klaverbank. BiotaSurvey 2002. Ecosub, Doorn. pp. 154, incl. 26 fig., 12 tabellen, 26 bijlagen; + 2 pp.
- Vanaverbeke, J.; Bellec, V.; Bonne, W.; Deprez, T.; Hostens, K.; Moulart, I.; Van Lancker, V. and Vincx, M., (2007). Study of post-extraction ecological effects in the Kwintebank sand dredging area (SPEEK), Belgian Science Policy, Brussels, 92p.
- Vandendriessche, S.; Messiaen, M., O'Flynn, S.; Vincx, M. & Degraer, S. (2007). Hiding and feeding in floating seaweed: Floating seaweed clumps as possible refuges or feeding grounds for fishes. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 71, 691-703.
- Vandendriessche, S.; Derweduwen, J.; Hostens, K. (2011). Monitoring the effects of offshore windmill parks on the epifauna and demersal fish fauna of soft-bottom sediments: baseline monitoring, in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. pp. 65-81
- Vanermen, N., Stienen, E.W.M., Courtens, W. & Van de Walle, M., 2006, Referentiesituatie van de avifauna van de Thorntonbank. Rapport IN.A.2006.22. 131 pp.
- Vanermen, N. & Stienen, E.W.M., 2009, Seabirds en Offshore Wind Farms: Monitoring results 2008. Report INBO.R.2009.8, Research Institute for Nature and Forest, Brussels. In: Degraer S. en Brabant R. (Ed.), (2009). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 8: pp. 151-221.
- Vanermen, N., Stienen, E.W.M., Onkelinx, T., Courtens, W. & Van de walle, M., 2011, Seabirds en offshore wind farms: Power and impact analyses 2010. In: Degraer, S., Brabant, R. en Rumes, B., (Eds.) (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 9: pp. 93-129.
- Vanermen N., Stienen E.W.M., Courtens W., Onkelinx T., Van de walle M. & Verstraete H. (2013). Bird monitoring at offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea - Assessing seabird displacement effects. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2013 (INBO.R.2013.755887). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Vanermen, N., Robin Brabant, Eric W.M. Stienen, Wouter Courtens, Thierry Onkelinx, Marc Van de walle, Hilbran Verstraete, Laurence Vigin & Steven Degraer, 2013. Bird monitoring at the Belgian offshore wind farms: results after five years of impact assessment, in: Degraer S., Brabant R. & Rumes B., 2013. Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North sea, learning from the past to optimise future monitoring programmes. Chapter 6: pp. 49-69.
- Vanhellemont, Q. and K. Ruddick, 2014. Turbid wakes associated with offshore wind turbines observed with Landsat 8. *Remote Sensing of Environment*, 145, 105-115. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2014.01.009>



- Verfaillie, E., Van Lancker, V., Van Meirvenne, M., 2006, Multivariate geostatistics for the predictive modelling of the surficial sand distribution in shelf seas. *Continental Shelf Research* 26, 2454–2468.
- Voigt, C., Popa-Lisseanu, A., Niermann, I., Kramer-Schadt, S., 2012. The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. *Biological Conservation* (153) 80–86.
- Wearmouth, V., 2009. EMF-sensitive fish response to EM emissions from sub-sea electricity cables of the type used by the offshore renewable energy industry. COWRIE report. Ref EP-2054-ABG. 68 pp.
- Wetlands International, 1997, Waterfowl population estimates – 2nd edition. Wetlands International, Wageningen, The Netherlands.
- Wiggelinkhuizen, E.J. & den Boon, J.H., 2010. Monitoring of bird collisions in wind farm under offshore-like conditions using WT-BIRD system, Final report. 57 pp
- Wilke, F.; Kloske, K. En Bellmann, M., 2012. ESra – Evaluation von Systemen zur Rammschallminderung an einem Offshore-Testpfahl. PTJ, Forschungszentrum Jülich GmbH, 182 pp.
- Winkelman, J.E., 1992, The impact of the Sep wind park near Oosterbierum, the Netherlands on birds 2: nocturnal collision risks. RIN rapport 92/3 Arnhem: Rijksintituut voor Natuurbeheer.
- Witt, M. J., Sheehan, E. V., Bearhop, S., Broderick, A. C., Conley, D. C., Cotterell, S. P., Crow, E., Grecian, W. J., Halsband, C., Hodgson, D. J., Hosegood, P., Inger, R., Miller, P. I., Sims, D. W., Thompson, R. C., Vanstaen, K., Votier, S. C., Attrill, M. J. and Godley, B. J. (2012) Assessing wave energy effects on biodiversity: the Wave Hub experience. *Phil. Trans. R. Soc. A* 370: 502–529.
- Zakon, H.H., 1986. The elektoreceptive periphery, In *Elektroreception*, (ed. T.H. Bullock & W. Heiligenberg). John Wiley and Sons, New York: 103-156.
- Zintzen V. (2007) Biodiversity of shipwrecks from the Southern Bight of the North Sea. PhDThesis. Université Catholique de Louvain/Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique: Louvain-la-Neuve, Belgium. 343~~4~~.

## COLOPHON

Dit document werd door de BMM uitgegeven in januari 2015.

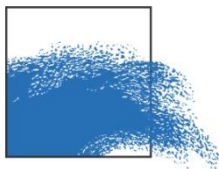
- Status ☐ draft  
☒ finale versie  
☐ herziene versie van het document  
☐ vertrouwelijk
- Beschikbaar in ☐ Engels  
☒ Nederlands  
☐ Frans

Dit document mag geciteerd worden als volgt:

Rumes, B.; Di Marcantonio, M.; Brabant, R.; Demesel, I.; Dulière, V.; Haelters, J.; Kerckhof, F.; Norro, A., Van Den Eynde, D., Vigin, L. en Lauwaert, B. 2015. Milieueffectenbeoordeling van het MERMAID offshore energiepark ten noordwesten van de Bligh Bank. BMM, OD Natuurlijk Milieu, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 210 pp. en Annex.

Indien u nog vragen heeft of u wenst extra kopieën van dit document te ontvangen, stuur dan een e-mail naar [info@mumm.ac.be](mailto:info@mumm.ac.be), met vermelding van de referentie, of schrijf naar:

BMM  
OD Natuurlijk Milieu  
Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen  
100 Gulledele  
B-1200 Brussel  
België  
Telefoon: +32 2 773 2111  
Fax: +32 2 770 6972  
<http://www.mumm.ac.be/>



# Oil spill drift study for the Mermaid offshore energy park

By V. Dulière and B. Rumes

## 1. Introduction

THV Mermaid has been granted a domain concession for the construction and exploitation of an offshore energy park combining a wind farm with wave energy converters at approximately 50 km from the Belgian coastline and has applied for an environmental permit in September 2014. The risk of navigation accidents and therefore also for resultant oil spills at sea are expected to increase with the installation of turbines and wave energy converters in the Mermaid concession zone (Marin, 2014). In this report, we estimate the area that is at risk for oil pollution in case oil is released within the Mermaid concession zone for different hydro-meteorological conditions. We also give an estimation of the time it would take to the oil to reach the surrounding coasts and some predefined sensitive areas (namely the Special Area of Conservation under the Habitat Directive (SAC), the Special Protection Areas (SPA) under the Birds Directive, the Zwin, the Vlakte van de Raan and the Voordelta)(Figure 1).

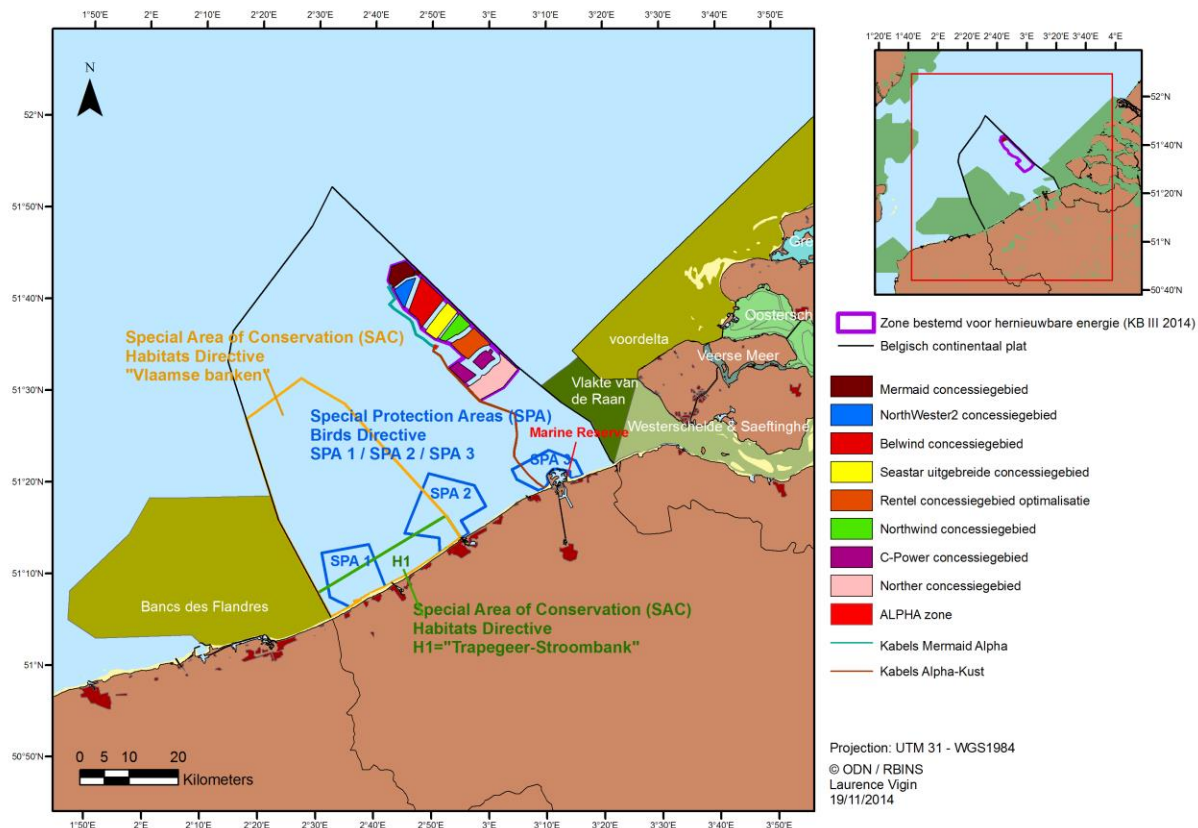


Figure 1: Location of the predefined sensitive areas in relation to the Belgian offshore renewable energy zone.

## **2. Methodology**

A number of scenarios have been defined using different time for the oil release and different hydro-meteorological conditions. These scenarios have been used to drive a hydrodynamic model and an oil spill drift model, the hydrodynamic model providing the hydro-meteorological data to drive the oil spill drift model. Each simulation achieved with the oil model led to a different estimation of the 2D trajectory of the oil slick. All results have been analyzed and put together to provide the best estimation of the areas at risk and the time windows for interventions.

### **2.1 The oil spill model**

The oil spill drift model used in this study is named OSERIT (Dulière et al, 2012) and has been developed at MUMM to assess the short-term (1 to 5-day) environmental impacts of oil pollution at sea. This model is based on a Lagrangian particle approach which means that each oil slick is represented by a set of particles that drift at the sea surface due to the combined effects of winds and surface water currents. The model also includes the processes of turbulent diffusion and beaching (so that the oil slick stops when it reaches the coast).

### **2.2 Hydro and meteorological conditions**

The most frequent meteorological conditions consist of winds with a velocity of about 3 Bfts (3.4 to 5.4 m/s). During storms, winds reach a velocity of 6 Bfts (10.8-13.6 m/s) and above. Most of the time, wind blows from the Southwest but winds can also blow from other directions. Here, two main weather scenarios have been considered; (I) the standard 3 Bfts scenario (represented in the model by winds of constant velocity of 4.5 m/s) and (II) a heavy weather scenario (with wind velocity of 17 m/s). Wind speeds of 17 m/s remain fairly common over the Belgian part of the North Sea. However, the chance of measuring wind velocities close to 17 m/s for at least 3 days in a row is quite low (~1%). In that sense, a scenario with a constant wind velocity of 17 m/s may be considered as extreme or worst case. Also, 17 m/s winds correspond more or less to the limit beyond which interventions at sea are no longer possible, due to obvious security reasons. Finally, we have considered winds blowing from four directions: SW, SE, NW and NE.

These weather conditions scenarios were all used to drive MUMM's hydrodynamic model, COHERENS (Luyten, 2011) in order to produce the associated sea water currents needed to drive the oil spill model (OSERIT).

### **2.3 Oil release scenarios**

In the scenarios, the oil spill release is centrally located in the Mermaid zone (51.7196°N; 2.7361°E) at different times during the day and during a spring-neap cycle. Concretely, the oil spill drift model simulates the leak of oil by releasing 100 particles 30 minutes before high tides, 100 particles at high tides, and 100 particles 30 minutes after high tides in order to take into account the time differences between high tides across the Belgian part of the North Sea. The same is done at low tides and "in between" (about 3 hours after either high or low tides). This is done over a period of 15 days to include a full range between spring and neap tides.

### 3. Results and interpretation

Altogether, millions of oil spill trajectories have been simulated and analyzed to fulfill this study. Here, we present a brief summary of the model results carried out using different release scenarios and hydro-meteorological conditions.

#### 3.1 During common hydro-meteorological conditions (wind of 4.5 m/s)

Let us here examine the model results for hydro-meteorological scenarios with wind speed of 4.5 m/s and SW, NW, NE and NW directions. Here results are presented for oil released all times of release combined (at high and low tides, and “in between”).

##### 4.5 m/s SE wind

In case oil is spilled in a 4.5 m/s SE wind, the slick can cross the border between the Belgian and Dutch waters within 3 hours (Figure 1a). Then, it moves from the Dutch to the British waters about 24 hours after release. During this scenario, none of the Belgian or Dutch sensitive areas are impacted and no beaching is expected during the first 72 hours.

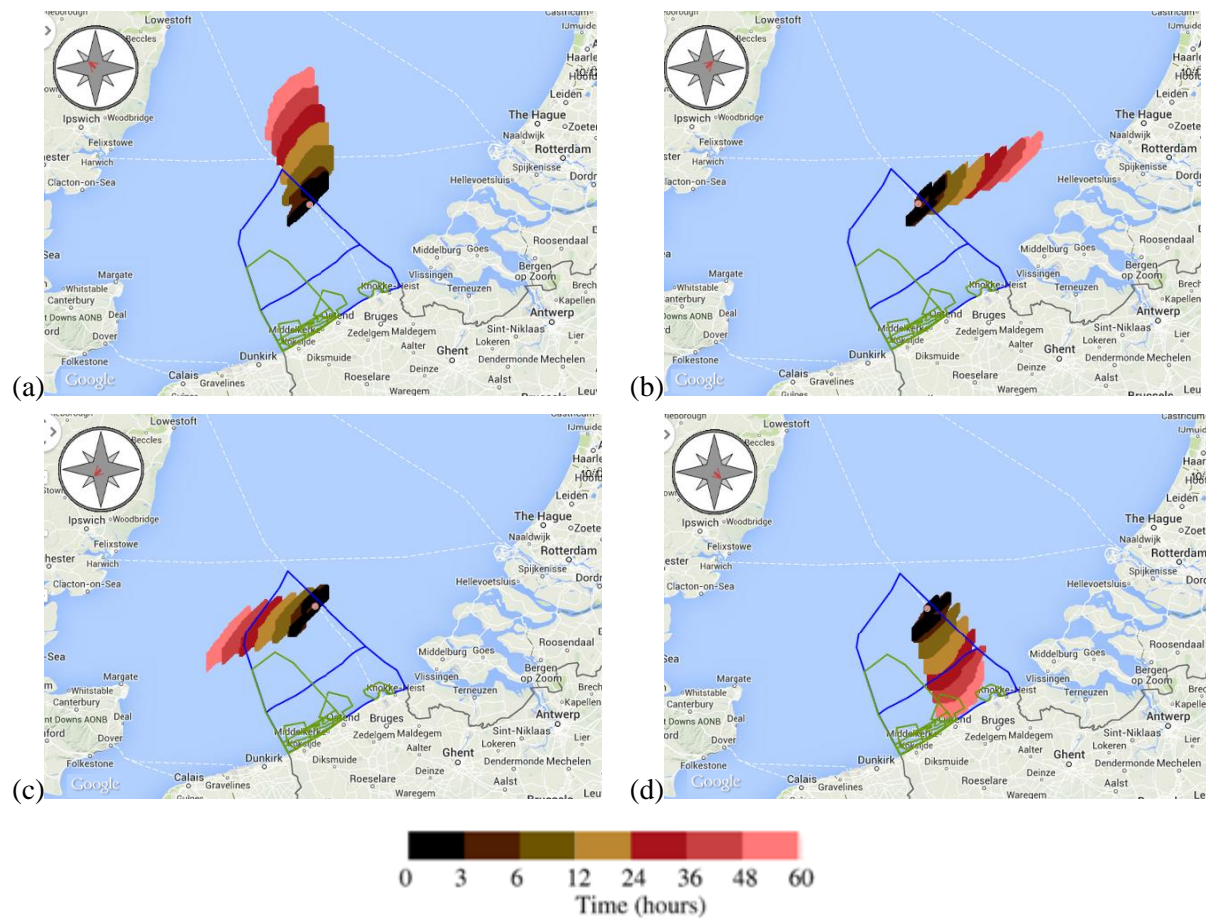


Figure 1: Oil impacted areas over different intervals of time after the release of oil in the middle of the MERMAID zone during common hydro-meteorological conditions with southeastern (a), southwestern (b), northeastern (c) and northwestern (d) winds of 4.5 m/s velocity. Weather conditions are represented by the red arrow in the compass roses. All releases scenarios (at high and low tides, and “in between”) are included. The blue and green lines indicate the Belgian part of the North Sea and the 12 nmiles limit, and protected areas, respectively.

#### ***4.5 m/s SW wind***

In case oil is spilled in a 4.5 m/s SW wind, the slick can cross the boarder between the Belgian and Dutch waters within 3 hours (Figure 1b). Then, it stays in the Dutch waters. During this scenario, none of the Belgian sensitive areas are impacted and no beaching is expected in the first 72 hours.

#### ***4.5 m/s NE wind***

When northeastern winds are blowing, oil slick crosses the Belgian waters and reaches the English waters after about 36 hours (Figure 1c). During the first 72 hours, no beaching is expected and none of the predefined sensitive areas are affected by oil.

#### ***4.5 m/s NW wind***

With northwestern winds, the oil slick mostly stays in the Belgian part of the North Sea (Figure 1d). After 36 hours, oil might reach the SPA2 at Ostend and later, the eastern part of the Stroombank and SPA3 at Zeebrugge. Later, beaching is expected along the Belgian coast.

### **3.2 During heavy hydro-meteorological conditions (wind of 17 m/s)**

Let us here examine model results for hydro-meteorological scenarios with wind speed of 17 m/s and SE, SW, NE and NW directions. Results are presented for oil released at the center of the MERMAID zone, all times of release combined (at high and low tides, and “in between”).

#### ***17 m/s SE wind***

Figure 2a shows the model simulation results in case of oil released in a 17 m/s SE wind. Within the 6 first hours after release, the slick is expected to leave the Belgian, to briefly move to the Dutch waters and to end up in the British ones. Beaching is not expected in the first 12-24 hours.

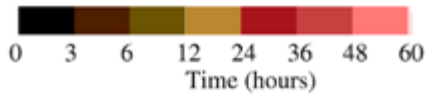
#### ***17 m/s SW wind***

As seen in Figure 2b, when oil is released in a 17 m/s SW wind, the slick is expected to leave the Belgian zone in less than 3 hours and to move along the Dutch coasts and therefore also along the Voordelta. Beaching is expected on the Dutch coast in the surroundings of Amsterdam as early as 12 hours after release (Figure 3d). Note that the slick remains close to the coasts so that in case of a slight southward shift in the wind direction, the Dutch coastal area might more rapidly be impacted by oil.

#### ***17 m/s NE wind***

In these weather conditions, the oil slick moves out of the Belgian part of the North Sea into the British waters in about 6-12 hours (Figures 2c). Unless there is any change in the wind direction or water currents, the oil should not impact any of the Belgian protected areas and no beaching is expected in Belgium. However, beaching is expected on the British coast around Dover (between Ramsgate and Lydd) as rapidly as 24 to 48 hours after release.





***17 m/s NW wind***

## 4. Summary and conclusions

Oil spilled in the MERMAID domain might impact a large area of the sea, depending mostly on the hydro-meteorological conditions, time of spilling, oil type, etc. In this study, we have used a hydrodynamic (COHERENS) and an oil spill numerical model (OSERIT) to give an estimation of the oil impacted areas for standard and heavy ('worst case') hydro-meteorological conditions. We have also estimated the time before oil starts to beach on the coastal areas. This has been done for different times of oil release in relation to the tides cycle. The chosen scenarios do not cover the entire range of possible oil spill locations, times of release and more importantly, of hydro-meteorological conditions. Nevertheless, they allow us drawing the main lines from which we can easily guess the general outcome of other oil spill scenarios, not considered here in. Finally, note that to remain as general as possible, we made the decision to only compute the 2D drift of the oil slick at the water surface and to not include any possible changes in the

physico-chemical properties of the oil or natural dispersion processes as these are very dependent on the oil type.

In case of common weather conditions (SW wind of 4.5 m/s), oil can move to the Dutch zone within 3 hours after oil release. If the wind does not change, none of the Belgian sensitive areas should be impacted within the first 60 hours after the oil release. All wind directions merged, oil released at the sea surface with a 4.5 m/s wind speed can cause oil beaching on the Belgian coast after 60 hours. It can also drive oil towards the Belgian and Dutch sensitive areas within about 36 hours.

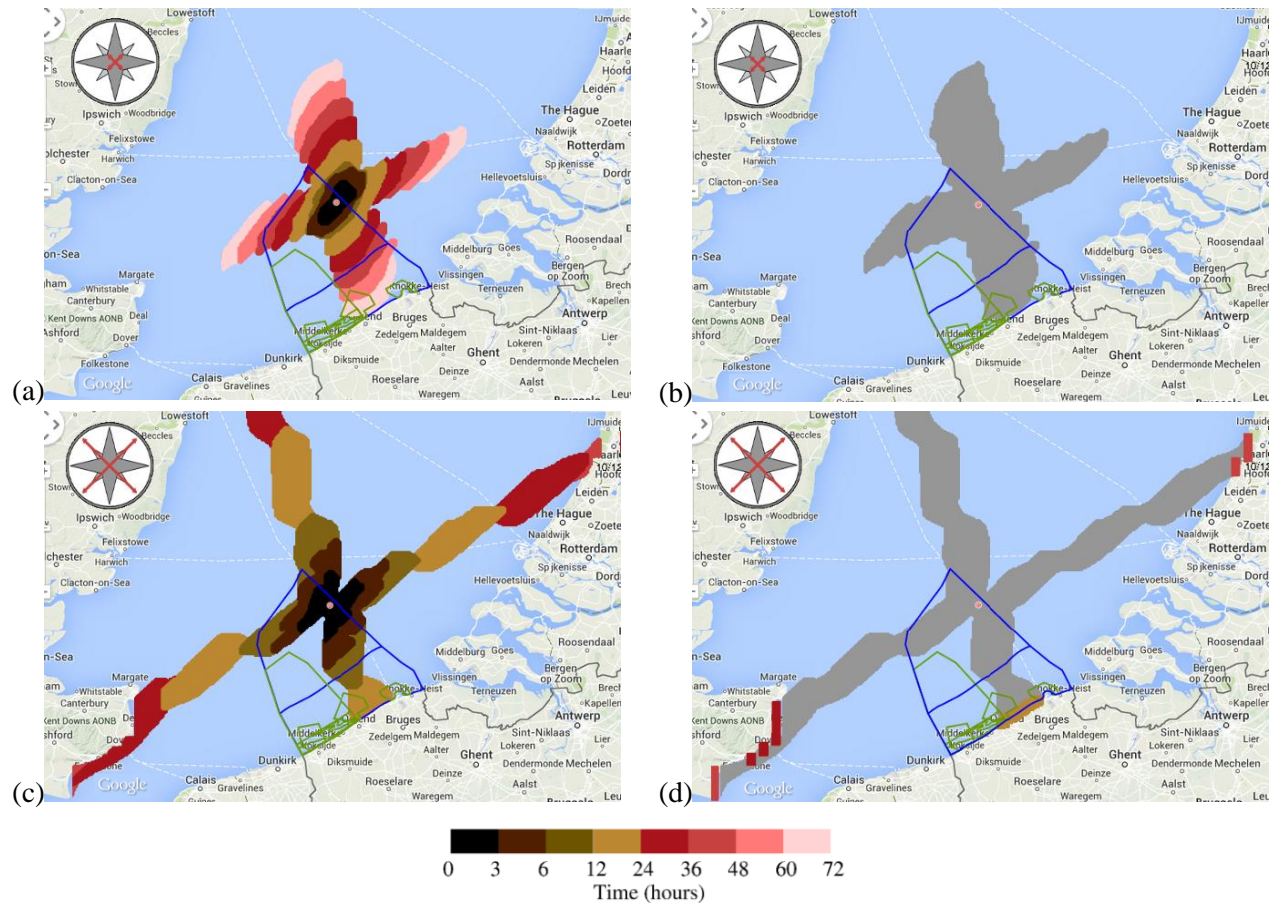


Figure 3 : Oil slick positions at different intervals of time after the release of oil in the middle of the MERMAID area (left panels) and the corresponding oil beaching locations and the time of the first beaching event (right panels). Each panel combines model results for a different category of hydro-meteorological scenarios (top : 4.5 m/s winds; bottom: 17 m/s winds). All release scenarios (at high and low tides, and “in between”) and wind directions (NE, NW, SE and SW winds) are included. Weather conditions are represented by the red arrow in the compass roses. The blue and green lines indicate the Belgian part of the North Sea and the 12 nmiles limit, and the Belgian protected areas, respectively. The gray area represents the accumulated impacted area up to 72 hours after release, all releases included (at high and low tides and “in between”).

During heavy weather conditions (wind speed of 17 m/s), oil spill drift depends strongly on the wind speed and direction. Oil could reach the Dutch or the British zone within less than 3 hours and the French zone within about 6 hours depending on the wind direction. The Belgian sensitive areas (such as the SPA and the Zwin) can be oil impacted within 12 hours. The Vlakte van de Raan (NL) and the Voordelta (NL) could be affected by oil within about 6 and 12 hours after release. First beaching event can be expected at the Belgian coast as early as 12 hours after release. The Dutch, French and British coasts are also at risk and could be oil impacted as early as 12 hours after release for the areas next to Belgium and later as the



area is further away from Belgium (in about 24 hours for Dover and about 36 hours for the surroundings of Amsterdam). These results are illustrated in Figure 3.

Although this study gives a good picture of the different impacted areas and time windows in case of oil spilled in the MERMAID zone, it will never replace the use of a forecast oil spill model in case of actual oil spilled in the area. In such circumstances, specific criteria, such as the precise time and location of the spill as well as accurate hydro-meteorological conditions, have to be taken into account in order to best anticipate the spill trajectory and therefore also to best decide and organize the response strategy.

### ***References***

Dulière V., F. Ovidio and S. Legrand. Development of an Integrated Software for Forecasting the Impacts of Accidental Oil Pollution- OSERIT. Final Report. Brussels: Belgian Science Policy 2012 – 68 pp. (Research Programme Science for a Sustainable Development)

Luyten P (2011) COHERENS — A Coupled Hydrodynamical-Ecological Model for Regional and Shelf Seas: User Documentation. Version 2.0. RBINS-MUMM Report, Royal Belgian Institute of Natural Sciences.

MARIN-IMDC (2014). Safety assessment study for offshore wind farms Mermaid and Northwester 2. Report no. 26819-1-MSCN-rev.4. I/RA/11441/14.178/MIM/.